

工业再设计和正向设计概念辨析

供稿 / 安世亚太 段海波

一、缘起

2015 年下半年开始，为配合《中国制造 2025》战略推进实施，破解中国制造业转型升级面临的主要障碍和焦点问题，安世亚太发布了工业再设计战略和正向设计咨询体系。为在各行业用户推进实施《中国制造 2025》的过程中提供高效、高质量的服务，笔者认为，有必要对安世亚太的工业再设计战略和正向设计咨询体系进行深入解读。本文首先对工业再设计和正向设计内涵及其与传统的设计分类和设计方法的关系进行辨析和讨论。

让我们回归源头，从设计的定义谈起。设计是人类为实现某种特定目的（即将客观需求转化为满足该需求的人工系统，包括人工物理系统和人工抽象系统）而进行的创造性活动。需求是设计的源动力，设计的本质是创新，是创造一种人类更加合理的生存方式（包括生产、生活和交流方式等），设计的最终目的是人、自然与社会这一复杂巨系统的协调发展与进化。

在人、自然与社会这三者的相互关系中，形成了对工具、环境和沟通三种类型的需求。对这三种需求所做出的响应就是产品设计（即技术系统或人工物理系统的设计）、环境设计（对人类生存空间进行的设计，它创造的是人类的生存空间，而产品设计创造的是空间中的要素）与传播设计（利用感觉符号、特别是视听符号来进行信息传达的设计），如图 1 所示。

上述定义中提到的人工系统，在 INCOSE 系统工程手册中说明如下：“This handbook is consistent with ISO/IEC/IEEE 15288, to ensure its usefulness across a wide range of application domains—man-made systems and products, as well as business and

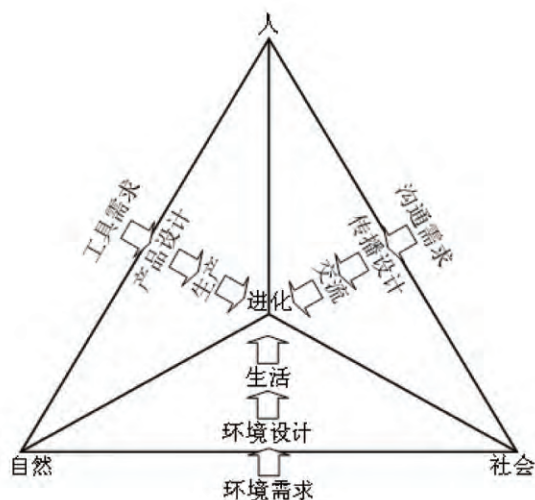


图 1 从人、自然与社会三者间的相互关系看待设计

services”，在 ISO/IEC/IEEE 15288 标准 [3] 中解释如下：“man-made systems, systems created by humans, those systems that are man-made and may be configured with one or more of the following system elements: hardware, software, data, humans, processes (e.g., processes for providing service to users), procedures (e.g., operator instructions), facilities, materials and naturally occurring entities. It (指 15288 标准) therefore applies to one-of-a-kind systems, mass-produced systems and customized, adaptable systems. It (指 15288 标准) also applies to a complete stand-alone system and to systems that are embedded and integrated into larger more complex and complete systems”。

再看设计的分类。按照对设计目标认识的成熟程度，

产品设计可分为以下四类：

(1) 常规性设计，指产品在具体细节上虽然与已有产品有所不同，但在原理上并没改变，设计者在做这类设计中不需要对已有的认识作较大延伸或扩展。

(2) 改进性设计，以原有产品作为基础，对原有产品扩展某种功能或采用新技术提高原有产品性能的更新换代。

(3) 研制性设计，即包含技术研发的产品或系统研发，有较多问题没有现成解决方案，需要在产品设计过程中同时开展技术研究与开发工作，使设计者的认识进一步扩展，以降低设计风险，确保满足各方涉众需求。

(4) 原创性设计，对基本认识尚未掌握，必须针对产品的需要特地开发。例如，爱迪生发明留声机。上世纪 40 年代第一颗原子弹的设计者对将来产品的主要工作介质是固体还是液体都还不掌握，最后产品的重量是几十公斤还是几千公斤也不清楚。这类设计中需要跨越的认识间隔更大。

其中，改进设计的目的一般有三种情况：

(1) 产品用途的扩展。以飞机为例，客机改为货机、旅客机改为预警机或加油机等。

(2) 采用技术的更新，在基本型上采用新技术提高原有性能。以飞机为例，运输机改用耗油量更小的发动机提高经济性，改用推力更大的发动机提高载运量，改装新式的导航或其他机载设备提高飞行安全性，以及部分结构部件更换材料以减轻重量或提高寿命等。目前为应对 21 世纪绿色航空（低排放、低噪声和经济性）的要求，波音、空客的原有老型号民机通过更换新发动机，以实现产品的改进：A320—>A320neo、B737—>B737MAX、B777—>B777X、A330—>A330neo、A380—>A380neo。

(3) 产品型号的系列发展。以飞机为例，在基本型基础上，改变机身长度、发动机或某些部件，形成不同载量、不同航程或其他使用性能的衍生型，用系列化的型号来覆盖较大的市场要求。

二、定义

受苏章仁教授思想的启发，笔者给出工业再设计的定义如下：对于处于成熟期（技术系统进化 S 曲线的第三阶段，也即精益研发三维系统工程抽象模型的系统维上的第三个坐标点）的工业品或技术系统，采用突破性的新技术、新工艺或新材料，不改变原有产品的功能和用途，站在系统的高度、

从需求本源、以效法自然的方式探索设计的本质，用价值的观点、功能的观点和能量的观点把握整个系统的产品设计、工艺设计和制造过程，利用仿真优化等技术和精密铸造、增材制造等工艺重新审视和改进原有设计，以实现改进后的产品在设计、制造和使用阶段结构和材料的最佳组合，拓展该类技术系统沿 S 曲线进化的自然极限。

安世亚太在发布工业再设计战略时提到，“工业再设计是迈进产品正向设计与精密制造一体化的系统方法论”，“其本质核心是工业仿真应用的升华、正向设计技术的工程化，是先进设计技术与精密制造工艺的结合”，“工业再设计发展的下一个阶段是正向设计”，“安世亚太和苏氏集团的合作，帮助中国工业企业逐渐向正向设计迈进，而面向工业再设计的实践，是现阶段的重要突破口”。

结合上述关于工业再设计和正向设计之间关系的阐述，以及对逆向设计、逆向工程、正向开发、逆向开发和反向设计等相关概念的辨析，笔者给出正向设计的定义如下：以系统工程理论、方法和过程模型为指导，面向复杂产品和系统的改进改型、技术研发和原创设计等场景，以需求拉动和技术推动为动力，不以仿制抄袭山寨为手段和目的，可以借鉴逆向设计的方法手段消化吸收各种现有技术和成果，以提升企业自主创新能力和为客户创造价值为目标的设计活动。

三、辨析

下面笔者对工业再设计和正向设计的上述定义及其与传统的设计分类和设计方法的关系做一些说明。

(1) 我们定义工业再设计和正向设计，不是为了写设计方法学的教科书，而是为应对中国经济转型升级和中国制造 2025，为需求侧到供给侧的改革提供落地方案，同时也是给安世亚太由工业软件公司向工业软件和工业品设计公司转型的一项新业务下定义，所以这个定义要能明确新业务的内涵本质和外延边界，要能回答哪些工业品需要再设计、与传统各种产品设计类型的关系是什么、给客户、企业、行业乃至国家带来的价值是什么等问题。

(2) 工业再设计的定义给出了哪些工业品适合再设计、以及再设计的方向和成功的判据，给出了工业再设计与产品改进设计的关系，即工业再设计是产品改进设计第二种情况中的一种特例，是一种全新的设计思想和方法，可以说产品改进设计是工业再设计的超系统。

(3) 本文正向设计的定义以及安世亚太提出的正向设计咨询体系，强调系统工程是核心、自主创新是目标。这一定义，区分和排除了中国工业化进程中特别是上世纪七、八十年代部分工业企业用真金白银买图纸和专利等知识产权的引进消化吸收或照搬照抄的“低级”“正向”设计模式。

(4) 给概念术语下定义的方法和原则中有一条要求“正确使用否定定义”。这里之所以提出正向设计“不以仿制抄袭山寨为目标”，是要强调正向设计的反面是具有道德和法律问题的仿制抄袭山寨，而不是字面上反义、实际中性的“反向设计”、“逆向设计”或“逆向工程”。从这个意义上说，正向设计对内不但是中国经济转型升级和实施中国制造 2025 的必由之路，对外也是洗刷众多行业发展原罪、重建市场信任、经济全球化环境下树立守规则负责任大国形象的必然选择。

(5) 关于正向设计的定义为什么提出面向复杂产品和系统、以系统工程理论、方法和过程模型为指导，因为 20 世纪末期开始的科技革命和目前开始的以工业 4.0 为代表的产业革命的一个重要特征就是，人工系统在向大规模赛博物理系统演化，破解复杂性困局成为人类设计活动的主题，而系统工程是保证把复杂的事情做对做好做快的组织管理的技术，解决的是正是复杂性的问题。所以，安世亚太提出的应对中国经济转型升级和面向中国制造 2025 实施的正向设计的对象必然是复杂产品和系统。关于复杂产品和系统的界定，可参考产品对象系统（企业在做什么）和产品工程系统（企业用什么样的信息化手段支持其产品研制的组织开展）两个维度构成的产品研制信息化细分市场四象限图（复杂产品高端研制、复杂产品低端研制、简单产品高端研制和简单产品低端研制，也可进一步量化分解为九象限图），其中至少有一个维度是复杂的，才能称为复杂产品和系统。

(6) 基于本文工业再设计的定义，“工业再设计”除了可以指狭义上的基于仿真优化和先进工艺的全新产品改进设计方法，安世亚太又将其用于基于这一方法技术的现阶段工业转型升级战略的命名。基于本文正向设计的定义，“正向设计”除了指狭义上的基于系统工程过程的复杂产品和系统的研制模式，安世亚太又将其用于基于这一研制模式的咨询体系的命名。

(7) “工业再设计发展的下一个阶段是正向设计”，即工业再设计、正向设计是安世亚太为推动中国制造 2025

实施、帮助制造业企业攻坚克难提升能力成熟度而提出的落地实施路线图。工业再设计战略丰富了生态设计与绿色制造的内涵，为当前中国经济创新发展、绿色发展的目标和淘汰落后产能的行动提供了强有力的抓手；正向设计咨询体系通过能力成熟度评价模型和正向设计能力演进路线图等为各行业企业研制体系的能力提升各种应用场景和中国经济的转型升级提供支持。

(8) 工业再设计的定义中引用的“精益研发三维系统工程抽象模型”及文献中的“精益研发三维系统工程实例化模型”给出了工业再设计战略和正向设计咨询体系的业务框架。作者在《从霍尔模型这一技术系统的发展进化看传统系统工程到现代系统工程的演变》一文中还提出了，现代系统工程发展应用的一大趋势就是人与人工系统的共轭协同进化和全社会协同创新。工业再设计战略和正向设计咨询体系的业务框架保证了对以智能制造为代表的人与人工系统的共轭协同进化的支持。

(9) 本文开头提到的设计的定义和系统工程相关标准手册对人工系统的解释，为安世亚太工业再设计战略和正向设计咨询体系的对象系统（End of Product）划定了业务范围。这一系统边界的划定，不但使得安世亚太的工业再设计战略和正向设计咨询体系适应了新科技革命和产业革命条件下复杂产品和系统（大规模赛博物理系统）技术创新和研发演化的需求，同时也为与技术创新配套的、中国经济转型升级和面向中国制造 2025 实施所需的制度创新和管理创新（人工抽象系统的研发演化）预留了发展空间。