

问题求解视角下工程机械产品的体验设计研究

梁峭

(江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: **目的** 从问题求解的角度出发, 构建工程机械产品的体验设计层级, 探讨各层级对应的问题求解内涵。**方法** 通过文献研究法, 梳理设计问题求解的研究脉络, 奠定理论出发点, 即设计问题求解方式已经从产品拓展到了体验设计。基于工程机械产品及行业的特殊性, 分别从工程性思考和 B2B 行业视角分析工程机械问题求解的特点。借助实证案例分析方法, 结合工程机械行业所涉及到的众多利益相关者, 提出由用户体验 (UX)、客户体验 (CX)、品牌体验 (BX) 构成的工程机械体验设计层级, 并对各层级问题求解内容及方式进行了阐释。**结论** 用户体验涉及到物理层的可用性问题和行为层的交互问题; 客户体验关系到服务层的价值问题; 品牌体验主要关注系统层的整合问题。未来工程机械产品问题求解的核心思路将是“体验设计目标”为整体出发点。

关键词: 体验设计; 问题求解; 工程机械产品

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)04-0087-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.04.009

Experience Design on Construction Equipment from the Perspective of Problem-solving

LIANG Qiao

(Jiangnan University, Jiangsu Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: The work aims to build the hierarchy of experience design for construction equipment from the perspective of problem-solving and explore the connotation of problem-solving corresponding to each level. Through literature research, the research context of design problem-solving was sorted out to lay a theoretical starting point. Thus, the design problem-solving method was expanded from product to experience design. Based on the particularity of construction equipment product and industry, the characteristics of construction equipment problem-solving were analyzed from the perspective of engineering-approach and B2B industry. Based on case studies and combined with many stakeholders involved in the construction equipment industry, the hierarchy of experience design for construction equipment was proposed, which was composed of user experience (UX), customer experience (CX) and brand experience (BX), and the content and method of problem-solving at each level were further explained in detail. User experience involves the usability of physical level and the interaction of behavior level. Customer experience is related to the value of service level. Brand experience mainly focuses on the integration of system levels. The core idea of problem-solving of construction equipment products in the future will take "experience design goal" as the overall starting point.

KEY WORDS: experience design; problem-solving; construction equipment

工程机械类产品是人类为了改善人与自然的关
系、节约劳动力、提高劳动效率而做的设计, 核心目
标可用“俱省工力”形容^[1]。作为我国古代升水器械的
桔槔和辘轳, 就分别使用了杠杆和轮轴结构来提水^[2],

改变了“抱瓮而出灌”的原始提灌方式。这同我国传
统造物中“实用功利”“崇实黜虚”的实学思想很契
合, 也从侧面反映了工程机械从诞生之初就以功能和
技术问题为驱动的特点。在很长一段时间里, 设计介

人工程机械问题主要是基于经典工业设计,从产品的角度进行思考。例如,通过外观造型和涂装设计,结合材料与工艺的考量,提升产品美学,构建视觉和语义层面的品牌基因。通过内饰设计,融合人机工学的内容,提升品质感,提高作业的舒适性与效率。而在软硬件智能、5G、物联网等技术飞速发展的背景下,体验成为产品设计共同追求的目标,设计介入工程机械问题的求解方式与领域也发生了改变,从问题求解的视角探讨工程机械产品的体验设计变得迫切而有价值。

1 设计问题求解

研究人类设计技能,主要就是研究人类问题求解技能^[3]。西蒙(Simon)^[4]最早开始关注“人工物的科学”,并从决策理论的研究出发提出了问题求解的理念^[5]。基于对有限理性的思考,他认为设计的行为寻找的不是“最大”或“最优”解,而是“满意”解^[6]。这种思想伴随着彼时认知心理学和人机工效学的研究进入设计领域,启发并影响了20世纪80年代蓬勃开展的设计学研究^[7]。事实上,几乎同时期的设计方法运动中^[8],阿彻(Archer)等^[9]设计学者就已经发现了用纯数理逻辑来解决设计问题的局限。在随后的研究中,梅赫(Maher)等^[10]发现,设计问题的求解并非先完全确定问题再寻求一个满意的解,问题的形成和解的产生是一个伴随分析、综合、评价而持续迭代的过程,问题空间和解空间是协同进化的。多斯特(Dorst)等^[11]和克罗斯(Cross)^[12]也在他们的实验中发现,当设计师得到一个初步解之后,会调整原本

看待问题的角度,从而重新定义问题并开始修改原来的解,即设计中的问题求解不是一个线性的过程,而是震荡演化的,见图1^[11]。这成为设计问题求解的经典论述,也同西蒙(Simon)^[13]和里特尔(Rittel)等^[14]的理论一起,奠定了设计问题“抗解性”(Ill-structured或Wicked)认知的基础^[15-16]。基于该理论,在产品设计流程与方法中,问题的“重构”成为一个重要步骤^[17],即设计师需要伴随解的出现,逐步明晰、重构直至找到真正的设计问题。例如,在经典的“凳子设计”案例中,设计师会被教导不要过早地把思维局限在凳子的形状、有几条腿等内容上,而是要把问题拓展为关于“坐”的设计,即真正的问题是“需要提供一种方式来满足坐的需求”。一旦从这个层面来进行定义,设计师便可以从用户类型、使用情境等多角度去重新发现问题与解。再进一步深入,这就是一个从设计“物”到设计“事”的过程,意味着设计师需要以“物”为出发点,去看待人、时间、空间、行为、信息与意义^[18],从而改变看待问题的视角。例如,“Nike+”不是试图为消费者提供一双造型不一样的跑步鞋,而是通过实时数据管理提供一种新的跑步体验;iPod的最大意义不仅是在造型上继承和发展了以迪特拉姆斯为代表的形态美学,更重要的是与iTunes一起创造了全新的音乐体验与生态;星巴克提供的也不仅是咖啡,而是喝咖啡的体验及与之相关的服务。自此,设计问题的求解方式因对交互、服务的关注而从产品一路拓展到了体验层面,用户体验(UX)或者说体验设计(EX)开始成为核心的关注点^[19]。

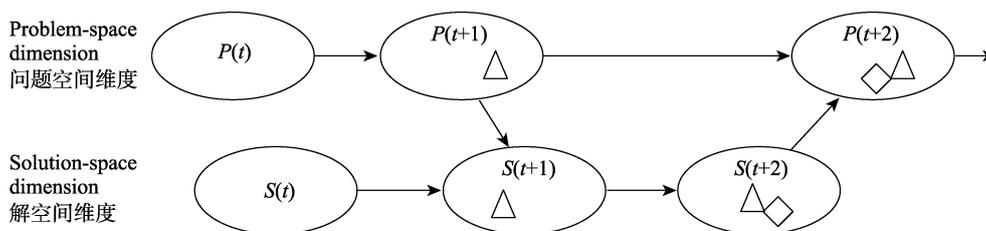


图1 多斯特等^[11]和克罗斯^[12]的问题求解协同进化模型
Fig.1 Co-evolution of problem-solving by Dorst^[11] and Cross^[12]

2 工程机械的问题求解特点

需要注意的是,在“以用户为中心的设计”大背景之下,上述设计问题求解研究的主要产品载体很自然地放在了消费类产品(Consumer Goods),或者说集中在B2C领域。而工程机械由于产品类型及所处行业的特殊性,在问题求解中具备其专属的特点。在探讨工程机械的体验设计之前,需要对这些特点有明确的认识。

2.1 工程性思考与设计性思考

工程机械作为工业产品(Industrial Goods)的典

型代表,主要在生产领域出现,如建筑工程、土石方施工、路面建设与养护等,其目标通常是以最高的效率完成某个工况下的任务。受这种天生性质的影响,早先工程机械问题求解的主要方式都是通过工程设计来优化产品结构、提升产品效率。以工程机械中常见的轮式装载机为例,其上世纪发展历程大事记见图2。其中几个重大的突破包括:1947年液压连杆机构取代老式的门架式结构,提高了提升速度、卸载高度、掘起力、切入力;20世纪50年代中期,液力变矩器-动力换挡变速箱-双桥驱动的传动结构形成,提高了整机的传动效率、牵引性和使用效率;20世纪60年

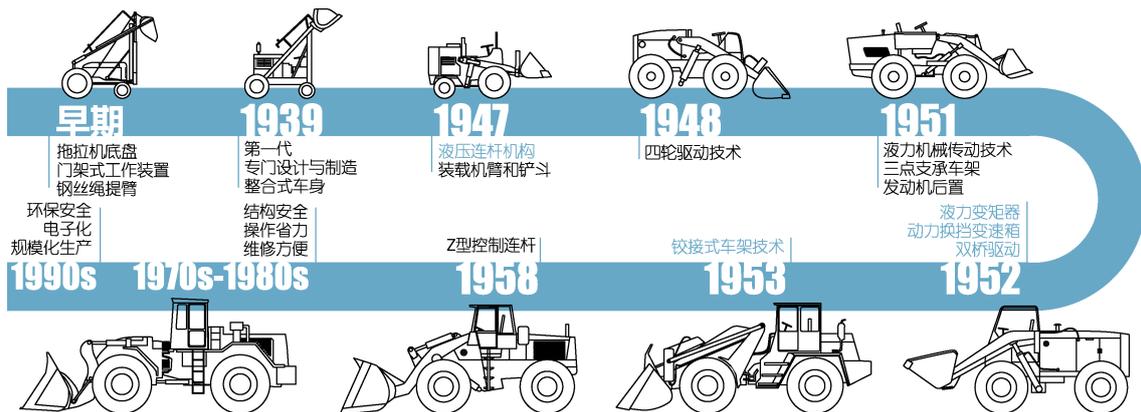


图 2 轮式装载机发展历程大事记
Fig.2 Milestones in wheel loader history

代，铰接式车架技术的应用，大大缩小了装载机的转弯半径，使当时一个作业循环内的平均行驶路程减少了 50% 以上，生产效率提高了 50%。类似的例子在工程机械中不胜枚举，也印证了工程机械行业的进步依赖于本行业及其他行业的技术进步这一观点^[20]。

这个特点带来的就是问题求解中所谓的工程性思考，即从技术、结构的角度的思考解决工程机械的功能、效率问题。安德瑞森（Andreason）^[21]曾把工程机械视作一个“技术系统”，从抽象到具象划分成了四个层次：流程、功能、单元和部件，将工程机械设计视作特定任务驱动下这四个层次内或者层次之间的设计行为。对于工程机械，使用流程（目标）决定了其所要具备的功能，每一种功能的实现都有赖于产品内部的各种功能单元，通过功能单元本身的行为及单元之间的互相配合来实现某种效果。功能单元又是由部件构成，部件之间可以通过连接和装配形成单元，或者本身成为单元的组成。事实上，无论是盖洛（Gero）^[22]的 FBS 模型，还是凯甘（Cagan）等^[23]的 PDM 设计方法，都有类似的基于功能和结构的工程性思考在里面。而与之对应的设计性思考中，设计师往往把用户的问题放在第一位，通过挖掘用户需求形成设计定义，再通过对产品（造型及语义）、交互、系统、服务的策略性思考，塑造和提升用户体验，见图 3^[21]。这两种思考的根本差异，形成了工程机械问题求解的第一个特点。

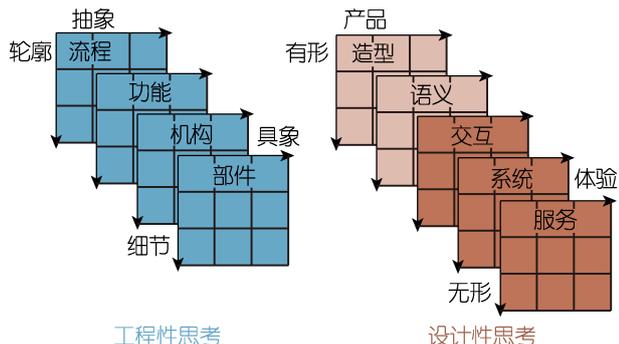


图 3 工程性思考与设计性思考
Fig.3 Engineering-approach vs design-approach

2.2 B2B 行业与 B2C 行业

另一个特点来自于工程机械所处 B2B 行业的特性。在 B2C 行业中，产品一般由消费者直接购买并作个人用途，产品的购买者通常也是产品的使用者。而 B2B 行业由于是企业级的商业往来，从设计、生产、销售，再到使用的环节更加复杂。首先，利益相关者众多。包括了制造商、代理商、中间商、客户、终端用户，而中间商又构成了复杂的分销链，包括了分销商、经销商、批发商、零售连锁商等。利益相关者彼此之间形成了庞大的关系网络和复杂的信息传递。例如，某品牌设计生产了一台挖掘机，可能会交由某个国家或地区的中间商来售卖，品牌与代理商之间存在合作和依存关系。某建筑公司/集团有意向购买，但是购买决策的作出是复杂的企业内部行为，可能要经过若干部门、管理决策层的共同讨论评估。无论是购买决策作出之前还是之后，该公司与挖掘机品牌、中间商之间要进行大量的沟通工作，涉及到技术、销售、金融、物流、售后等若干层面的对接。

此外，购买者和使用者分离。作为大宗商品和资本货物，工程机械的购买者类型众多，包括但不限于建筑公司、分包商、租赁公司、个人等。常见的情况是这些购买者，或者说做购买决策的人，往往不是产品的终端用户，也几乎不会直接使用产品，而仅仅关心所购买产品能够带来的生产价值与利益。其中还有一个特殊情况，由于工程机械的价格通常较高，行业中存在着大量的租赁行为和多样的租赁方式，培养了一大批专门的租赁公司，这使得购买者和使用者完全分离并存在甲乙双方关系。此时，制造商与客户的交互行为就包括了产品、服务、信息、经济和社会层面的所有交换，组成了一个更加复杂和庞大的系统。

因此，B2B 行业里的各方，不仅仅是简单的基于产品吸引力的销售、购买、使用关系，而是长期、深度的沟通与合作，这种商业关系的建立是一个持续的过程^[24]。

3 问题求解视角下工程机械产品的体验设计层级

基于上述特点,尤其是工程机械行业所涉及到的众多利益相关者,工程机械的体验主客体基本可以归纳为三类:用户、客户和品牌^[25]。可以从这三者构建其体验层级,并探讨各层级的问题求解,见图4。



图4 问题求解视角下工程机械的体验设计层级
Fig.4 Experience design hierarchy of construction equipment from the perspective of problem-solving

1) 用户体验 (User Experience, UX)。用户特指工程机械的终端用户,即在工作中与产品、服务或系统直接接触或交互的人,或者说操作和使用特定产品的人^[26]。在本文的情境下,就是操作工程机械的机手。用户体验来源于终端用户使用产品后产生的感知与反馈,以及工作任务完成中及完成后对产品价值的认知。

2) 客户体验 (Customer Experience, CX)。客户指的是与供应商公司或者品牌直接接触的人,也通常是做出产品购买决策与行为的人。客户体验可以定义为客户与公司或品牌进行直接或非直接接触后产生的所有内在与主观反馈^[27]。客户体验存在于每次客户与利益相关者及他们所提供的产品、服务等内容进行交互的过程之中及之后。

3) 品牌体验 (Brand Experience, BX)。品牌作为一个“人为事物”^[28],是存在于产品全生命流程中各角色之间的一种“对话”。无论在B2C还是B2B行业中,如今的品牌构建远远不是单一部门或人物在做,而是靠企业整体的努力去完成。特别是工程机械

的利益相关者,其服务接触点更多、更复杂,品牌体验的形成也更加系统化。

3.1 用户体验——物理层的可用性问题

尽管设计师会非常关注工程机械在美学方面的表现,但对于用户,这类产品实用方面的属性(如效率、可靠性、易用性等)仍比精神层面的属性(如视觉美学、创造性、吸引力等)更加重要^[29]。这是因为,基于人类工效学的产品使用属性本身就是体验一词最早期的载体与体现,也是最基础的部分^[30]。

以传统的人机工学为例,在项目组承担的“三一伸缩臂叉装车设计”项目中,三一集团要开发面向欧美市场的伸缩臂叉装车产品,同时也是该产品线的第一代。这意味着所有的工程硬点(从H点开始)到造型都要从零开发,特别是内饰的人机工程学要符合欧美用户群的人机尺寸。为了更快、更优地解决基本人机问题,项目组使用了西门子人机功效分析软件Jack,在虚拟环境中对内外饰设计进行协同。在外饰设计中,重点校核了前视野、上视野、后视野等要素,从而对驾驶室的外造型框架、玻璃及观察窗的位置与大小进行对应考虑。在内饰设计中,重点从工作流程、操作规范、安全性等角度出发,进行可视性、可达性、舒适度、疲劳度和作业分析,从而为整个驾驶室的空间布局、面板布置等设计提供直接而有效的指导。相比于传统的人机工程校核,该方法大大缩短了开发周期,降低了开发成本。该产品于2020年亮相拉斯维加斯国际工程机械展,并在美国市场得到了良好的市场反馈,荣获“当代好设计奖”,见图5。

而传感器与智能控制系统的应用,又将工程机械的可用性提升到了另一个维度,进一步提升了作业效率和安全性。利用装在车身、运动部件上的各类传感器,配合系统化控制,机手可以直观地了解车身状态,对机器的运动进行更精确的控制,或者说获得更多的操作辅助指导。以卡特彼勒的电子围墙功能为例(如图6所示),在挖掘机的施工过程当中,经常会遇到

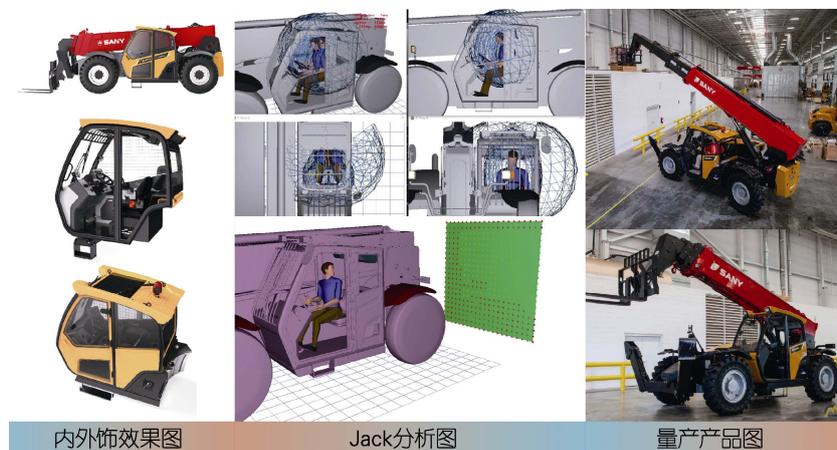


图5 三一伸缩臂叉装车设计
Fig.5 Telehandler design for Sany

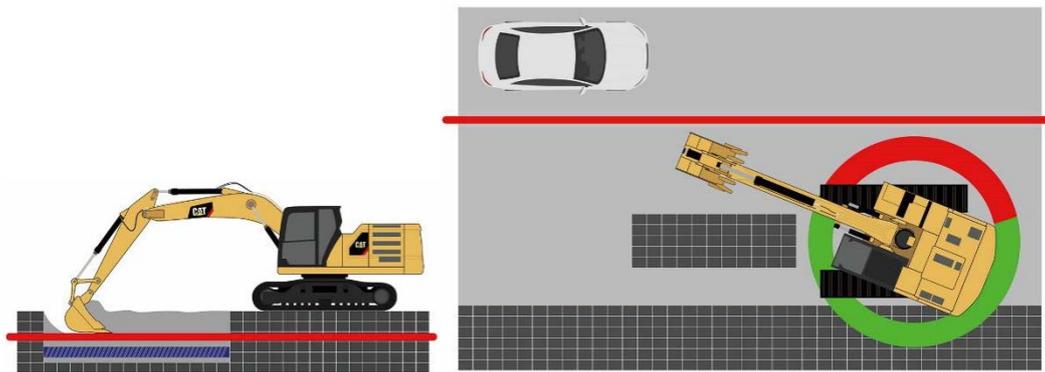


图 6 卡特彼勒的电子围墙功能示意

Fig.6 Functional diagram of electronic fence of Caterpillar excavator

一些不可触碰的“禁区”，例如当上方有电线或地下有燃气管路时，挖掘作业就要非常小心。所以机手在实施作业时，不仅要操纵复杂的机器，还要时刻注意周边环境，精神处于高度紧张状态，这容易导致潜在事故的发生。卡特彼勒的电子围墙功能，可以为机械设备设置一个虚拟“围墙”，在设定基准面和相关数值之后，机械臂的运动范围就会被严格限定在围墙以内，从而降低机手的认知和操作负荷，提高安全性。类似借助传感器来进行辅助的功能还包括：卡特彼勒的坡度控制、精准称重；沃尔沃的挖掘助手、整平助手、铺路助手等。

由此可见，可用性问题解决仍然是用户体验的基础，但是解决问题的手段越来越多样。在传统的人机工程学领域中，主要是继续通过增加内饰空间、提升座椅舒适性、降低噪音与震动等手段来进行提升。而智能化背景下，在人和环境之间增加了感知和控制

层，提升了机手对机器运动的感知能力，通过电子控制系统，在一定程度上实现半自动化，提升可用性。

3.2 用户体验——行为层的交互问题

由于工程机械操作中机手不仅仅是驾驶者，往往还需要完成诸如挖掘、铺路、铲雪等特定任务。因此在驾驶室内有着复杂的操作行为。这也使得培养一个技能成熟的机手需要很长时间，且这些技能行为在不同的品牌、机型上无法完全迁移。而要解决这些行为层的交互问题意味着需要更好的 HMI 设计。图 7 列举了近年比较有代表性且获得相关体验设计奖项的 HMI 设计，如利勃海尔、普瑞诺特和海德堡莱等。如同家用车的车载控制系统，工程机械内饰中增加了触屏来提升交互性。但同时根据工程机械的特点，保留了物理操作部分，将座椅、物理界面和数字界面作为完整的“单元”进行整合，从以下三个层面进行设计。



图 7 优秀 HMI 设计案例

Fig.7 Excellent HMI design cases

1) 对物理界面进行优化。在最常使用的操纵杆上,贯彻对按键功能的重新整合与布局,并在面板上搭配自定义按键,优化物理操作的逻辑。例如,海德堡莱设计了路面和非路面两套驾驶操纵杆,通过旋转90°的方式完成二者的物理切换。

2) 利用数字界面的层级优势,将原本物理界面中需要多次、多个操作才能完成的行为,以触摸方式方便地完成。

3) 在物理界面和数字界面之间构建协同关系。以利勃海尔的INTUSI系统为例,物理按键中也设置了如主页、返回、设置的快捷键。通过这些按键可以直接对屏幕进行操作,机手可以自由选择物理或数字两个界面来实现相关功能。这种单元设计实现了集成化控制,有效提升了全任务流程的交互性

当然,这其中与传统工程机械最大的不同,就是多通道交互方式,特别是触屏在车内的使用。触屏的最大意义是信息的呈现和操作。一方面,能够将原本无法或很难获得的信息有组织地进行显示,方便机手获取机器状态。另一方面,其层级深度优势能够集成更复杂的信息内容,简化物理按键。以沃尔沃的Co-Pilot系统为例,图8展示的是该系统功能界面之一的装载助手界面^[31]。借助数字、进度条和其他图标,将系统自动记录的所有装载信息进行呈现,机手可以随时了解当前铲斗里的吨位、已经装载完的吨位、还需要装载的吨位等,从而对当前的任务进程和任务目标等内容了然于胸,避免超挖或欠挖。Co-Pilot系统曾经击败大众集团等诸多好手的车载智能系统,获得当年欧洲车载人机交互界面奖的“最具创新HMI特征奖”。

工程机械的HMI设计,是基于任务的行为交互逻辑来导出交互需求与模式,在完成HMI底层逻辑架构之后,再外化为物理和数字界面的设计。这样不仅提升了整套系统软硬件协同的能力,还能做到模块

化和自适应,同一套HMI能够用于不同类型、不同型号的机器上,从而最大程度地确保了行为的一致性。

3.3 客户体验——服务层的价值问题

相比于用户主要以产品作为体验对象,客户体验要复杂许多,而其中的价值问题是客户的核心关注点。前文提到,客户体验首先涉及到大量的利益相关者,以及海量的服务接触点。除了传统产业链条上的制造商、代理商、下游服务商等,还有数不清的第三方技术类公司,为客户提供局部的解决方案。仅仅是客户与制造商或代理商的沟通,就涉及到双方的研发、设计、生产制造、市场、物流、技术支持、售后服务等诸多部门,相关联的人员数量、时间跨度、流程长度都远超B2C行业。而且体验的累积和持续效应在工程机械产品中体现得尤其明显。客户体验可能产生于购买前的一次电话、一次网页浏览,一直伴随产品购买、使用的全流程,并且在流程结束之后与下次的购买体验产生叠加效应。因此,客户体验的形成,是一个由诸多利益相关者构成的庞大价值网络。这个网络的形成是长期的、复杂的且需要互信的^[29]。若干学者研究已证明,诸如“供应商的可靠程度”“员工间的沟通”等要素都会影响客户体验,从而直接影响购买决策。甚至还发生过某制造商产品技术参数优于同行,客户却最终没有选择的事情,原因是客户与该公司员工接触不畅。

因此,若要提升客户体验,需要从客户旅程中关注和提取对客户有核心价值的点,提供精确有效的服务,见图9。举例来说,机手培训的效率和质量对客户效益有直接影响,于是早在2018年,专为重工行业提供VR解决方案的Serious Labs等三家公司就合作开发了世界上第一款工程机械VR模拟器,用虚拟技术对机手进行培训。模拟器中构建了18个常见场景来进行任务训练,同时能够记录机手的所有操作,



图8 沃尔沃装载助手HMI界面
Fig.8 HMI design of Volvo Co-Pilot

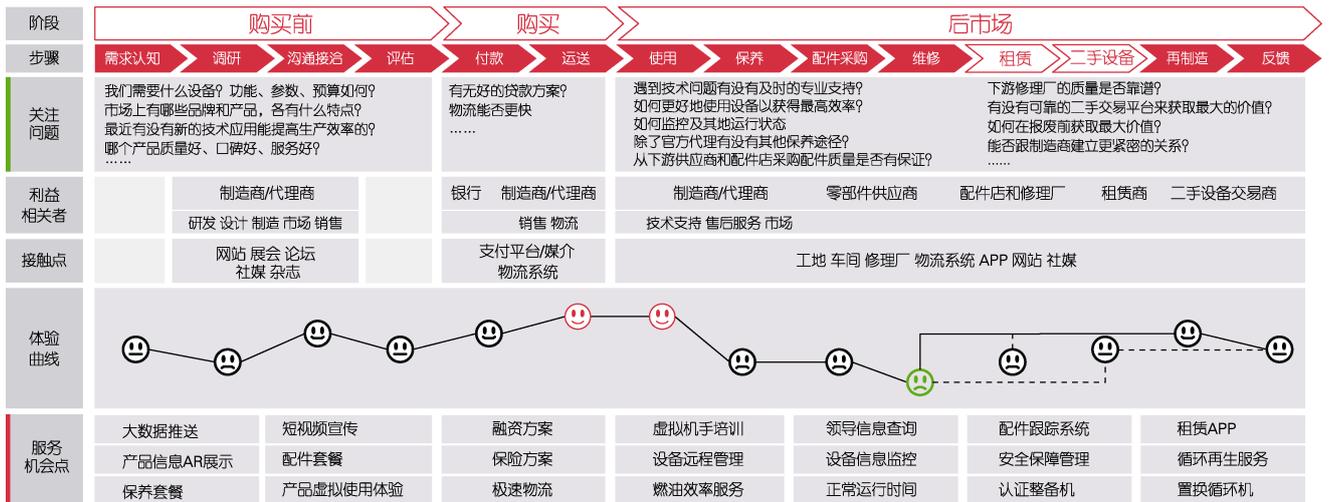


图 9 典型客户旅程图
Fig.9 Typical customer journey map

帮助机手了解和评估自己的弱项。这种虚拟培训不受场地和空间的限制，也能够实现远程指导，从而节省培训时间、节约成本，为客户创造价值。

特别值得注意的是，工程机械的后市场是服务价值的重要来源。在传统商业模式中，出售新产品是获得利润的主要方式，售后服务往往是被动的，多数情况下是成本中心而非利润中心。而工程机械行业则不同，根据国际经验，成熟的工程机械市场中有 3 分之 2 的利润来自后市场，仅有 3 分之 1 是来自新设备销售，后市场是制造商和代理商实现服务溢价的重要环节。特别像我国已经进入存量时代，后市场涵盖的维修、保养、配件、租赁、二手设备交易、再制造都是价值增长点。在后市场中，制造商和代理商（俗称大象）还面临零部件供应商（俗称兔子）、小型配件店和修理厂（俗称蚂蚁）的激烈竞争，客户体验的塑造也变得更加立体，而像 APP、社群这样的词汇也越来越多地出现在工程机械领域中。后市场服务中比较有特色的是沃尔沃提供的“建筑设备移动服务站”。针对偏远地区运营的客户，这些基于“分布式”思考的移动服务站能够扮演现场服务站、现场配件仓库、综合修理车间、再制造展示箱和润滑油加注站等角色，为客户提供便捷的配件供应和技术支持。

3.4 品牌体验——系统层的整合问题

用户、客户和品牌的最终交汇点，便是工程机械的工作地——施工现场。伴随着数字化技术的应用，施工现场已经转变成了一个网络化的物流生态系统，机手与机器、机器与机器、机群与施工团队、施工团队与管理团队之间密集地交换信息，共同推进任务的完成。此时，品牌需要考虑的问题更加复杂，从如何制定施工计划到实现机器之间的相互配合，再到监控每日的工作进度。换言之，品牌也需要对问题进行重构，即施工现场需要的不仅是更好用的产品，而是一种更高效、更安全的“施工体验”。这种施工体验反

过来塑造了品牌体验。这时品牌需要从系统的角度看待施工现场，思考系统内的资源该如何进行高效的整合。根据工程机械施工特点，这些整合问题可以简化成为两个方面，即在场和在线，具体如下。

1) 在场互联协作。一个施工任务的完成往往需要多种类、多数量的工程机械，彼此相互配合形成高效的机群。如果机群里的机器各自是信息孤岛，则可能由于单个机器的健康状态、彼此之间的沟通协作问题导致能源浪费、效率低下。在场协作的意义在于最大化单一机器的利用率，为每台机器提供程序化维护，同时将不同机器的适用性与特定任务匹配，优化工作时间，使用机群管理 KPI 来降低成本。

2) 在线信息管理。非网络时代，施工现场每日的运行状态和结果需要通过口头或书面的方式收集与反馈，上传和下达的效率受到物理空间的限制。而借助传感器、信息系统和 5G 技术，信息的采集、传递变得更加便捷，位于系统一端的团队可以实时追踪机器状态、项目进度，对设备和任务进行了解与跟进。

3) 在场-在线系统整合。更多情况下，在场和在线是一个有机的整体，互相配合、互为补充。将在场信息如地形、机群、现场操作转化成为数据，通过中央控制系统和云平台，以在线方式创建一个实时信息流，从而对施工流程中的每一步进行即时而顺畅的管理，是具有系统意义的一种解。这其实就是应用于建筑工程行业的物联网，在场是触手，在线是大脑。在这样的背景下，工程机械品牌需要转型为解决方案的提供商，思考如何为施工现场提供优化和完整的系统解。

近年最有代表性的，是曾获日本“日经优秀产品服务奖”的小松品牌“智能施工”解决方案^[32]，见图 10。在这个解决方案中，小松充分发挥了在场和在线的优势，通过现场扫描以构建地形的 3D 数据，在软件平台中制定和推演施工方案。施工过程中，机群密切合作，项目团队通过在场、在线两种方式对施工情况进行把控。当日施工结束后生成施工报告，经后台

分析后由在线团队评估，调整施工计划。所有的数据都通过云平台进行传输共享，一个位于中国的集团经理能通过电脑端、手机 APP 和手机微信实时跟进某个南美项目的情况，并作出指导。

而且这个系统中值得特别关注的，就是无人技术的大量应用，见图 11。例如无人车的使用，直接将“人”这个要素从系统中剥离了出去，消解了人机互动关系，或者至少消除了物理层的关系，把体验的对象从产品转变为控制系统和交互界面。而当在场的“人”因素消解后，无人机的使用又成为在场与在线

的连接，通过拍照、录像、深度扫描，将在场信息快速而完整地转化为数据，成为在线信息，辅助项目管理。以前需要两名工人花一整天才能完成的、数百个点的精确测量，小松的专业无人机能在不到一个小时的时间内完成。在这样的思路引导下，许多第三方技术公司都开始化身解决方案提供商。例如，徠卡基于 GPS 与数字地图开发的 Dozer 2000 导航系统及天宝公司的 Site Vision GPS 系统，都借助无人技术的使用，连接了在场与在线，形成了局部或整体的系统解决方案。

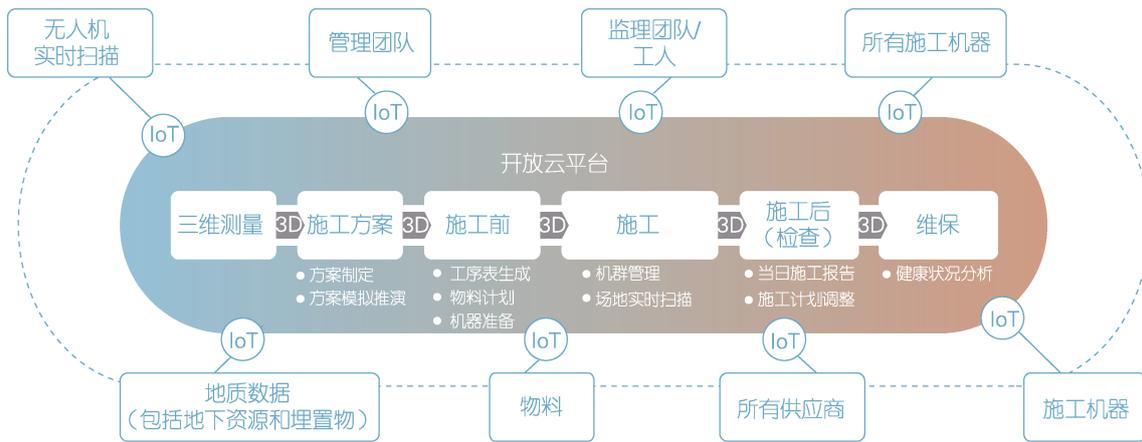


图 10 小松“智能施工”解决方案
Fig.10 "Smart Construction" solution of Komatsu



图 11 无人车和无人机在施工现场的应用
Fig.11 Application of autonomous equipment and UAV on construction site

4 结语

工程机械的出现，原本是作为身体的延伸，以放大或强化人类的行为，例如挖掘、搬运、建造。因此带有很强的“工程物化”意味。很长一段时间内，设计与工程的关系集中在造型生成与工程物化的耦合，

关注二者在流程、阶段、角色等层面的配合。而当体验设计深度介入之后，工程机械的问题求解已经超越了造型与工程的简单配合，而是成为了智能化背景下的系统解决方案。工程机械品牌开始从提供单一产品到关注全生命流程的体验，从机器制造者或售卖者变成解决方案提供商，从机械结构的创新到智慧体验的塑造。

如果说造型创意是发散的、感性的、具有人文关怀的模糊问题探索,工程物化是规则的、理性的、体现科学严谨的目标导向求解,那工程机械的体验设计是兼具了造型、功能、技术,以人机交互及体验为目标的系统化问题求解。此时,品牌应该将体验设计目标作为品牌的核心策略,应用于产品开发的全流程,真正实现从技术问题驱动到体验目标驱动。而这也将是未来工程机械产品问题求解的核心思路。

参考文献:

- [1] 王祯. 王祯农书[M]. 杭州: 浙江人民美术出版社, 2015. WANG Z. Wangzhen Agricultural Book[M]. Hangzhou: Zhejiang People's Fine Arts Publishing House, 2015.
- [2] 宋应星. 天工开物[M]. 北京: 人民美术出版社, 2015. SONG Y X. Tian Gong Kai Wu[M]. Beijing: People's Fine Arts Publishing House, 2015.
- [3] 杨砾, 徐立. 人类理性与设计科学—人类设计技能探索[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1987. YANG L, XU L. Human Rationality and Design Science-Exploration of Human Design Skills[M]. Shenyang: Liaoning People's Publishing House, 1987.
- [4] SIMON H A. The Sciences of the Artificial[M]. Cambridge: MIT Press, 1969.
- [5] NEWLL A, SIMON H A. Human Problem Solving[M]. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1972.
- [6] SIMON H A. Theories of Bounded Rationality[J]. Decision and Organization, 1972(1): 161-176.
- [7] VISSER W. Simon: Design as a Problem-solving Activity[J]. Collection, 2010(2): 11-16.
- [8] HUPPATZ D J. Revisiting Herbert Simon's "Science of Design"[J]. Design Issues, 2015, 31(2): 29-40.
- [9] ARCHER B. Systematic Methods for Designers[M]. London: The Design Council, 1965.
- [10] MAHER M L, POON J. Modeling Design Exploration as Co-evolution[J]. Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering, 1996(11): 195-209.
- [11] DORST K, CROSS N. Creativity in the Design Process: Co-Evolution of Problem-Solution[J]. Design Studies, 2001, 22(5): 425-437.
- [12] CROSS N. Designerly Ways of Knowing: Design Discipline Versus Design Science[J]. Design Issues, 2001, 17(3): 49-55.
- [13] SIMON H A. The Structure of Ill-structured Problems[J]. Artificial Intelligence, 1977(4): 181-201.
- [14] RITTEL H, WEBBER M. Dilemmas In a General Theory of Planning[J]. Policy Sciences, 1973, 4(2): 155-169.
- [15] BUCHANAN R. Wicked Problems in Design Thinking[J]. Design Issues, 1992, 8(2): 5-21.
- [16] COYNE R. Wicked Problems Revisited[J]. Design Studies, 2005, 26(1): 5-17.
- [17] KUMAR V. 101 Design Methods: A Structured Approach for Driving Innovation in Your Organization[M]. New Jersey: John Wiley&Sons, 2013.
- [18] 柳冠中. 事理学方法论[M]. 上海: 上海人民美术出版社, 2019. LIU G Z. The Design Methodology[M]. Shanghai: Shanghai People's Fine Arts Publishing House, 2019.
- [19] 辛向阳. 从用户体验到体验设计[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 60-67. XIN X Y. From User Experience to Experience Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(8): 60-67.
- [20] ARDITI D, KALE S, TANGKAR M. Innovation in Construction Equipment and Its Flow into the Construction Industry[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1997, 123(4): 371-378.
- [21] ANDREASON M M. Design Methodology[J]. Journal of Engineering Design, 1991, 2(4): 321-335.
- [22] GERO J S. Design Prototypes: A Knowledge Representation Schema for Design[J]. AI Magazine, 1990, 11(4): 26-36.
- [23] CAGAN J, VOGEL CM. Creating Breakthrough Products-Revealing the Secrets That Drive Global Innovation[M]. Pittsburgh: ETC Press, 2012.
- [24] TURNBULL P W, VALLA J P. Strategies for International Industrial Marketing [M]. London: Routledge, 2013.
- [25] YUE H. Seeing Industrial Services Through Experience Lens—Revealing a Customer Experience Map to Design for an Experimental Service in B2B Context[D]. Helsinki: Aalto University, 2016.
- [26] ABRAMOV V. Conveying User Experience in Business-to-Business Environment[D]. Helsinki: Aalto University, 2012.
- [27] MEYER C, SCHWAGER A. Understanding Customer Experience[J]. Harvard Business Review, 2007, 85(2): 117-126.
- [28] 张文泉. 辨物居方, 明分使群——汽车造型品牌基因表征, 遗传和变异[D]. 长沙: 湖南大学, 2012. ZHANG W Q. A Car Styling-based Study: the Design Methodology Based on Brand DNA[D]. Changsha: Hunan University, 2012.
- [29] SUNDBURG H R. The Role of User Experience in a Business-to-Business Context[D]. Tampere: Tampere University of Technology, 2015.
- [30] 王愉, 辛向阳, 虞昊, 等. 大道至简, 殊途同归: 体验设计研究溯源研究[J]. 装饰, 2020(5): 92-96. WANG Y, XING X Y, YU H, et al. The Road to Simplicity and all Roads Lead to Rome: Origin and Development Study of Experience Design[J]. Zhuangshi, 2020(5): 92-96.
- [31] Volvo. Volvo Co-Pilot Shortlisted for Human-machine Interface (HMI) Award[EB/OL]. (2016-6-17) [2022-12-29]. <https://www.volvocars.com.cn/zh-cn/v/sustainability/highlights>.
- [32] Komatsu. Smart Construction[EB/OL]. (2018-9-1) [2022-12-29]. <https://www.komatsu.com.cn/>.