

基于 PSS 理念与技术进化理论的工业产品包装设计研究

杨伯军^{1,2}, 赵凡^{1,2}, 温迎强^{1,2}, 苏明岳^{1,2}

(1.河北工业大学, 天津 300401; 2.国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心, 天津 300401)

摘要: **目的** 为了解决工业产品领域包装用量大、浪费严重以及回收困难等问题, 引入产品服务系统设计理念与技术进化理论。**方法** 针对产品包装现状, 通过商业产品包装与工业产品包装的对比分析, 得出工业产品包装改进设计的必要性与可行性。而产品服务系统设计的有效实施需要一定的理论与技术支持, 引入 TRIZ 技术进化理论作为产品服务系统的支撑工具, 将可持续理念以实践方式应用于工业产品包装领域。**结论** 通过技术进化理论与 PSS 理念的结合应用, 有效缓解了工业产品包装浪费严重、回收困难等问题, 扩展了产品服务系统设计应用范畴, 技术进化理论的应用也为 PSS 带来了新的发展方向。最后, 以信息通讯设备企业包装为例, 对产品服务系统与技术进化理论结合应用进行了验证。

关键词: 工业产品包装; 浪费严重; 产品服务系统; 技术进化理论; 可持续理念

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)10-0213-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.10.030

Industrial Product Packaging Design Based on PSS Concept and Technology Evolution Theory

YANG Bo-jun^{1,2}, ZHAO Fan^{1,2}, WEN Ying-qiang^{1,2}, SU Ming-yue^{1,2}

(1.Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China;

2.National Engineering Research Center for Technological Innovation Method and Tool, Tianjin 300401, China)

ABSTRACT: In order to solve the problems such as the large consumption for, the serious waste of and the difficulty in recycling of the packaging in the field of industrial products, the design concept of product service system and the Technology Evolution Theory are introduced. According to the present situation of product packaging, the necessity and feasibility to improve the design of industrial product packaging are obtained through the comparative analysis of commercial product packaging and industrial product packaging. The effective implementation of product service system design requires certain theoretical and technical support, so the TRIZ Technology Evolution Theory is introduced as a supporting tool for the product service system, and the sustainable concept is applied to the field of industrial product packaging in a practical way. Through the combination of the Technological Evolution Theory and the concept of PSS, the problems of serious packaging waste and difficult recycling of industrial products are effectively alleviated, and the design and application scope of product service system are expanded. The application of Technology Evolution Theory also brings a new development direction for PSS. Finally, the combination of product service system and Technology Evolution Theory is verified by taking the enterprise packaging of information and communication equipment as an example.

KEY WORDS: industrial product packaging; serious waste; product service system; technology evolution theory; sustainability concept

随着社会的发展与技术的进步, 人们需求水平的 不断提升, 人与自然和谐共处问题愈发严峻, 可持续

收稿日期: 2021-02-03

基金项目: 科技部创新方法工作专项 (2017IM010400); 国家自然科学基金资助项目 (51805142)

作者简介: 杨伯军 (1975—), 男, 河北人, 博士, 河北工业大学副教授, 国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心副主任, 主要研究方向为技术创新方法、创新设计、工业设计工程。

理念成为当今社会乃至全球的热议话题。工业产品领域，其运输产品数量大、次数多的特点导致产品包装过度消耗，浪费严重的问题引发了企业与设计者的关注。由于工业产品这一特殊领域，面对的企业用户相对固定，同一领域的产品运输具有共性，所以，要达到包装的循环利用、有效回收等可持续目标具有一定的可行性。产品服务系统作为可持续的第三阶段，是一种集产品与服务为一体的系统的研究方法，对于节约资源、降低能耗来说具有一定的有效性^[1]。另外，产品服务系统对企业来说，也被作为一种新型的商业模式，能够在满足用户需求的同时降低成本，实现利益最大化。面对工业产品包装的浪费问题，将 PSS 应用于设计过程中，以无形服务最大化地代替有形产品，并通过技术进化理论来支撑产品服务系统在工业产品包装领域的有效实施，能够实现资源的循环利用、有效回收，节约资源的同时降低对环境的破坏，体现了可持续理念。

1 包装领域研究现状

1.1 包装领域现状

2016 年 12 月，我国工业和信息化部、商务部发布的《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》指出，“围绕绿色包装、安全包装、智能包装领域的关键技术，制定系统性技术解决方案，促进重大科技成果的孵化、应用与推广”^[2]。大数据、人工智能时代的到来，促使包装行业向智能化方向转变。

物流行业也是包装领域走向智能化的领头军。2017 年上旬，苏宁的漂流箱计划开启了共享模式，在深圳街头以“共享”名义投放了数千个快递盒，但最终由于市民的相关理念低且回收难而惨淡收场；随后，京东也推出了采用拉绳设计的循环包装袋和 PP 材质的食品包装箱，其可循环利用近 20 次，但由于成本以及循环、回收等问题难以运转^[2]；深圳某科技公司关注到包装行业的痛点问题，推出包装“租赁”代替“购买”模式，是包装行业服务化的最初表现。

根据流通的作用将物流领域包装划分为商业包

装和工业包装，即以销售为目的的包装和以运输为目的的包装^[3]。在这里参考物流领域的包装分类以及产品种类，将包装大致分为工业产品包装与商业产品包装，商业产品大多为各式各样的生活用品，其造型多样，运输包装难以统一，常常采用较大包装箱与填充物进行包装，造型的不确定性造成了包装难统一，用量零散、用户群体复杂，导致回收较困难。工业产品的运输往往是由企业（或工厂）至企业（或工厂），所以包装的目的是保证运输产品不被损坏，便于运输等，并且工业产品包装具有需求量多、运输规模大、运输效率要求高以及产品规格较统一的特点。而商业产品的包装有多层意义，在防止产品损坏的基础上，其审美价值、提高产品的附加值等也是关键要素。

将商业产品包装与工业产品包装进行对比分析（见表 1）后发现，工业产品包装改进设计更易实施，更具有优化价值。基于此，本研究将 PSS 设计理念与 TRIZ 技术进化理论相结合，提出了工业产品包装的系统化改进设计。

1.2 工业产品包装设计弊端

目前，对于工业产品包装领域的研究大多停留在选材、工艺以及如何提高产品附加值等方面，随着可持续理念的出现，设计者和企业也逐渐将绿色、环保等理念考虑应用在设计过程与推广中，可最终效果微乎其微，仅从较浅层面满足了可持续理念。而有效的方法就是包装的循环利用以及有效回收，包装材质及工艺的改进可以达到循环利用，但使用频率不高往往会闲置，导致另一种方式的资源浪费。目前，对于企业和个人来说，往往难以同时满足这两点，有些企业提出将物流包装以“共享模式”出现^[4]，并将物联网与之结合，但这种服务模式或商业模式没有系统性的理论、方法进行支撑，单纯地从包装角度提出，缺乏一定的可行性。工业产品包装的可持续性需要企业与设计者共同努力，不仅是商业模式也是包括产品在内整个设计流程的可持续。

工业产品领域的包装具有使用量大、规格较统一等特点，所以对其进行优化改进，提高资源利用率的

表 1 商业产品包装与工业产品包装对比分析
Tab.1 Comparative analysis of commercial product packaging and industrial product packaging

类别	商业产品包装	工业产品包装
目标用户	单一用户个体	企业或工厂
设计要素	功能、外观造型	功能为主、运输效率
目的	销售为目的，防止产品损坏，提高产品价值，符合审美，促进消费	运输为目的，防止产品损坏，便于存储与运输
日常需求	用量较少，难统一	用量多，较统一
运输规模	较零散	较统一
用户体验	以用户审美需求为主，提供精神享受	以功能为主，操作简便，用户体验较好
改进意义	一次性包装，循环利用价值低	可循环使用，可持续性高

同时降低污染，具有一定的可行性。对传统工业产品包装从结构、功能以及设计方法等八个方面进行具体分析，发现其存在传统产品包装共有的弊端，即一次性使用品对资源的浪费、单一产品化不符合信息技术时代的发展以及回收困难等问题，具有极大的改进空间，见表 2。

对以上八个方面进行改进设计分析，将产品服务系统理念引入工业产品包装设计过程中，人们发现基于 PSS 的工业产品包装能够很大程度地提高包装的利用率以及回收率，满足用户需求的同时符合可持续发展理念，对工业产品包装进行产品服务系统化设计具有重要意义，见表 3。

工业产品领域的包装和以往的普通包装无异，一次性产品使用量的大幅度增加对环境造成了极大压力，回收问题也愈发突出^[5]。工业产品具有输出量大、对包装需求度高的特点，所以将产品服务系统理念应用于包装设计中，能够最大限度地将服务取代产品，但是包装利用率的提升也意味着包装成本的增加，应用 PSS 理念能够使企业拥有包装的使用权而非所有权，进而提高包装利用率，再加上后期的回收服务，解决企业成本问题的同时减少资源浪费，对企业、社

会和环境来说都具有重要意义。

2 产品服务系统概述

产品服务系统最初起源于 20 世纪 90 年代，其核心的思想是用户可以不购买实际的产品而直接获取产品所输出的功能以及结果^[6]。1994 年，联合国环境规划署将产品服务系统定义为满足特殊客户需求的产品与服务的集成系统创新策略^[7]。针对 PSS 的概念有几类具有代表性的定义，Goedkoop 等^[8]在 1999 年提出 PSS 可以理解为“能够共同满足用户需求的一套适销对路的产品和服务”；Mont^[9]在 2002 年提出 PSS 是一个包含产品、服务及支撑结构的系统，且必须事先安排好满足顾客需求的服务网络，同时能够将环境影响降至最小；Arnold Tukker 和 Ursula Tischner^[10]在 2006 年提出 PSS 是通过商业网络提供给客户的一种特殊类型价值理念；耿秀丽等^[11]在 2014 年提出顾客不再单纯地购买产品，而是需要能够满足其需求、帮助其创造最大价值的产品、服务一体化解决方案称为产品服务系统。根据以上国内、外学者给出的产品服务系统定义可以得出，产品服务系统是产品与服务进行系统化构建的方法，通过服务取代产品达到一种低成本、低消耗、高产出的可持续目的。

目前为止，对于 PSS 的分类研究方面，研究者们对 Arnold Tukker^[12]的分类方式较为认可即根据产品与服务占比，将 PSS 分为产品导向型、使用导向型和结果导向型三类，这三种类型之间的主要区别在于产品的所有权与使用权的归属者不同，即随着服务比重的增加，当产品导向型发展到使用导向型时，用户拥有产品的使用权而非所有权；当 PSS 处于结果导向型时，用户也不再拥有产品的使用权，而只追求最终结果，见图 1。

总的来说，产品服务系统是基于产品与服务有机组合的系统化方法，并且逐步由产品到产品与服务，再到包含产品的服务化趋势发展，符合可持续发展理念^[13]，见图 2。在设计领域，真正好的设计不再是为用户输出单一产品，而是在满足物质需求的同时为用户带来精神享受，而 PSS 的最终理想状态是用户不拥

表 2 传统工业产品包装现状分析
Tab.2 Status analysis of traditional industrial product packaging

类别	传统工业产品包装
与用户关系	用户拥有所有权
结构	单一包装产品
功能	防止产品损坏，便于存储与运输
设计方法	传统的单一产品设计方法
用户体验	一次性产品，用完即扔，体验较差
智能化	仅在材料、加工工艺等方面设计新技术
可持续性	一次性包装，不可持续
可回收	回收困难

表 3 基于 PSS 的工业产品包装设计分析
Tab.3 Analysis of industrial product packaging design based on PSS

类别	基于 PSS 的工业产品包装
与用户关系	用户拥有使用权
结构	包装产品和运输服务的系统化
功能	防止产品损坏的同时可实时追踪产品位置，对产品进行管理
设计方法	对产品与服务进行合理匹配设计
用户体验	加以服务的产品包装系统，能够极大程度地提升用户体验
智能化	智能化程度高，能够应用大数据时代特点，符合技术发展
可持续性	可循环使用，可持续性高
可回收	可统一回收

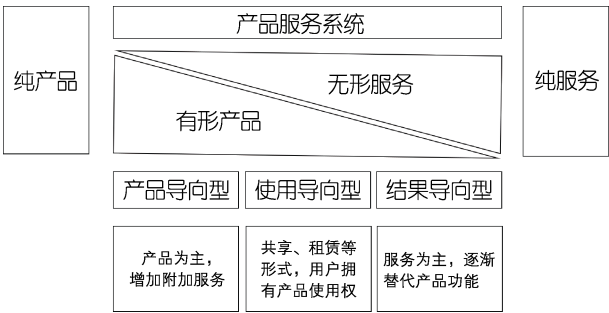


图 1 根据产品与服务占比分类
Fig.1 Classification according to the proportion of products and services

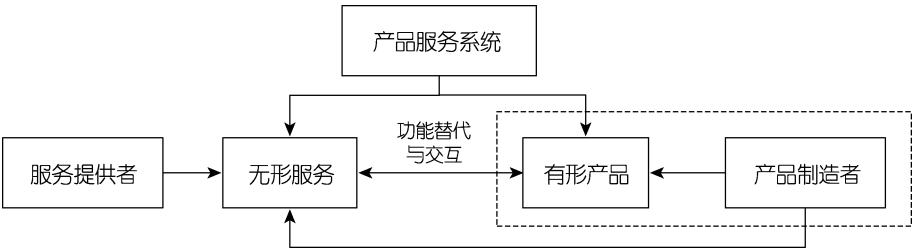


图 2 产品服务系统定义
Fig.2 Definition of product service system

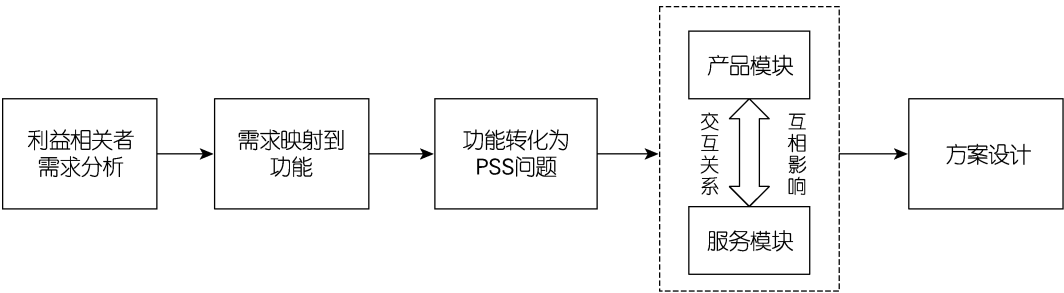


图 3 产品服务系统设计流程
Fig.3 Design process of product service system

有实际物质产品的同时满足其需求^[14]。所以，产品服务系统在设计领域的应用可以概括为一种符合可持续理念，同时满足用户真实需求的有效方法。

产品服务系统的发展是由产品逐渐过渡到服务的系统化流程，其在设计领域的应用仍处于发展阶段，由于 PSS 的特点是通过无形服务对有形产品的替代来达到可持续目标，所以将 PSS 应用在工业产品包装领域具有一定价值。

工业产品包装进行 PSS 设计需要对产品模块和服务模块进行详细考量，由于产品与服务都不是独立存在的，产品是服务的基础，服务是产品的价值延伸。基于此，工业产品包装进行产品服务系统设计需要以下几个步骤，见图 3。

3 技术进化理论与 PSS 的综合应用

随着大数据、云计算等技术的出现，催生了信息时代的到来，产品服务系统的应用离不开产品本身，而技术的发展为新产品的出现提供了契机。产品服务系统应用于工业产品包装设计过程中，并不是简单地用服务取代产品、产品增加服务，而是通过系统化视角审视整个设计过程，逐渐由单一产品趋向于服务的设计，无形服务替代有形产品是产品服务系统进行可持续设计的关键要素，若将产品服务系统理念直接施加于包装设计过程中无法达到最初目的。产品服务系统设计的重点在于产品模块与服务模块的设计，两者相互联系、相互影响的必要条件是支撑系统的存在。技术的进步催生新产品的出现，产品的发展能够为 PSS 提供方向，而技术系统的进化是遵循一定规律的，TRIZ 技术进化理论作为技术发展的预测工具，

能够为产品服务系统设计提供支撑。通过对 TRIZ 技术进化理论的分析与研究，将技术进化理论应用于产品服务系统设计中，能够为单一产品发展到以服务为主的设计奠定理论基础，在工业产品包装设计中充分发挥产品服务系统的作用，使包装设计更好地达到可持续目标。

3.1 技术进化理论概述与应用

技术进化理论作为 TRIZ 的重要成果之一，阿奇舒勒发现技术系统是遵循一定客观规律在进化发展的，技术进化定律是技术系统进化的一般规律，也是预测与开发新产品的有效工具。因技术进化理论具有表征产品技术发展演进的普适性，将其应用在产品服务系统设计中能够保证 PSS 的有效实施，进而达到节约资源、保护环境的可持续目标，具有一定的可行性。

随着 TRIZ 理论在企业应用不断深入，越来越多的专家、学者应用技术进化理论作为技术预测的工具或选择技术路线主要解决产品创新设计问题等。杨杰等将技术进化理论应用在停车警示装置的创新设计中，为快速开发出满足用户需求的产品提供具有借鉴意义的系统化设计流程；彭怀志等^[15]针对厨余垃圾处理技术的分析研究，应用技术进化理论进行技术成熟度预测，进而评估其发展情况；王波等^[16]对旋挖钻机的技术进化路线进行了分析和研究，通过对技术进化定律的分析描述，将其应用于旋挖钻机的创新设计；Zhang, F Y 等^[17]提出了一种将 TRIZ 技术进化理论与产品创新设计相结合的目标决策过程模型，弥补了新产品开发设计中的局限性；Cai J 等^[18]应用技术进化理论与模块化夹具的发展模式预测未来的发展方向及可能的发展趋势，并对其进行了专利分类，证明了

技术进化理论是为该产业发展提供指导方向的有效方法。

国内外技术进化理论应用现状表明,该理论应用范围较广,而在产品设计中的应用多处于对设计流程的创新优化、为具体问题的解决提供方向与参考等,而作为一种设计方法的支撑工具来完善设计流程尚未成熟。因此,将技术进化理论应用在 PSS 设计中能够极大地提高其应用价值,具有良好的发展前景。

TRIZ 的技术进化理论是预测与开发新产品的有效工具,其主要提出了九条技术进化定律,是从九个方面描述了技术系统进化的规律性,每条规律下也有很多条进化路线,各定律之间是相对独立的,可以从某个定律来预测进化方向;各定律间又不完全独立,存在一定的联系^[19],见表 4。

考虑到产品服务系统的最终目的是提高工业产

品包装的可持续性,以及对九条定律的研究分析,发现定律 1、定律 3、定律 4 以及定律 8 可以应用于产品服务系统设计研究中,作为产品发展的技术支撑,见图 4。提高包装的可持续性从三个方面进行分析,首先,用户的所有权被取代是产品服务系统设计的典型特点,共享、租赁等形式是降低成本提高利用率的有效方式,而这类方式意味着包装产品面对的是丰富的用户群体,具有不同的需求,所以需要定律 3 提高动态性来解决;其次,可持续性提高意味着成本与资源消耗的降低,产品服务系统通过无形服务代替邮箱产品来节约成本、降低资源,所以需要提高服务化水平,定律 8 提高可控性能够解决成本降低、服务化水平提高等问题;可回收性与服务性提升则需要产品包装趋向智能化发展,定律 4 向复杂系统进化可以通过信息技术、大数据等复杂系统来提升包装的智能化;最后,提高理想化水平定律是系统发展的总方向,也是工业产品包装可持续的最终目的。

3.1.1 提高理想化水平定律

定律 1 提高理想化水平是系统进化总的方向,系统进行其他定律的进化同样是为了提高理想化水平^[19],九条定律间的关系见图 5(图片摘自《TRIZ 系统化创新教程》)。产品服务系统中服务占比越大其理想化程度越高,根据产品与服务占比的分类方式可知,产品导向型到使用导向型再到结果导向型,符合服务占比逐渐增加、产品占比逐渐减少的趋势,所以,结果导向型是产品服务系统的最终理想状态。系统始终朝着最终理想状态的方向发展,以汽车租赁服务系统为例,其大体流程为 APP 下单、门店取车、门店

表 4 技术进化定律	
Tab.4 Laws of technological evolution	
定律	内容
定律 1	提高理想化水平
定律 2	子系统的非均衡发展
定律 3	提高动态性
定律 4	向复杂系统进化
定律 5	向微观系统进化
定律 6	完整性
定律 7	缩短能量流路径长度
定律 8	提高可控性
定律 9	增加协调性

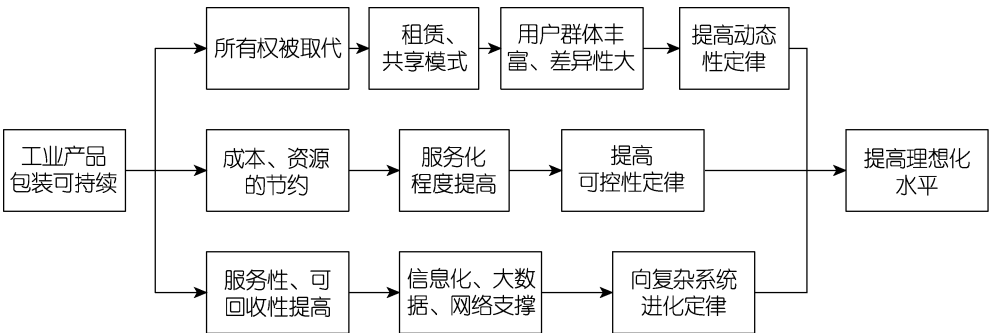


图 4 应用技术进化定律达到可持续目标

Fig.4 Applying the law of technological evolution to achieve sustainable goals

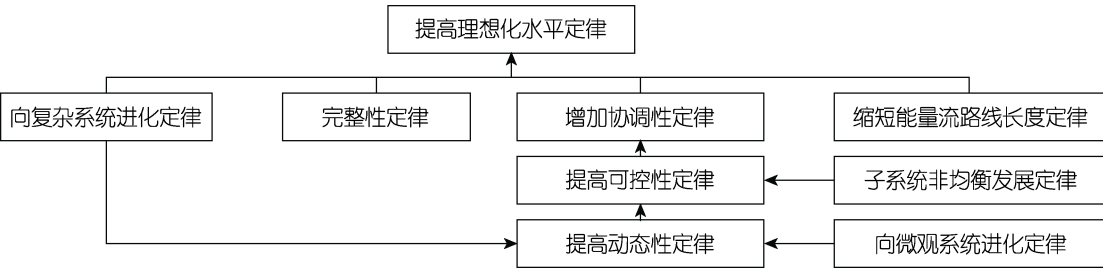


图 5 九条定律间的关系

Fig.5 Relationships among the nine laws

还车等,出行不再是有车一族的选择,租车方式越来越受消费者欢迎。一方面,能够给没有预算购买车的用户提供方便;另一方面,在提高汽车利用率的同时保证了企业经济效益,减少了汽车闲置问题的出现,也是可持续理念的典型表现。租赁公司为用户提供平台,用户在享受汽车本身带来便利的同时,也在享受租车带来的服务。最理想化结果是用户到达某个地点,而产品服务系统设计趋势是逐渐向理想化结果迈进,具有可持续性。

提高理想化水平定律与可持续性成正相关,只有不断提高理想化水平才能提升产品服务系统的可持续性,可持续性产品服务系统的最终理想状态。所以,提高理想化水平是推进产品服务系统应用总发展方向的定律。

3.1.2 提高动态性定律

定律 3 提高动态性是指一个系统不止一种状态与外界发生作用,系统的运行状态需要具备随环境和超系统变化而变化的能力^[19]。产品服务系统下的产品设计面对着丰富的用户群体,其需求具有差异性,提高动态性定律在产品服务系统设计中应用能够最大化地适应不同用户。共享单车是典型的产品服务系统产物,其“共享性”充分表示用户群体的差异性与丰富性。共享单车的座椅高度具有可调整的特点,其调整系统也在不断变化,进化定律能够在设计初期进行预测,单车座椅的调节部分不同于以往家用自行车,由旋转装置进化到目前更易操作的开合装置,通过抬起、调整到合适座高、放下加固三个步骤完成,无论用户力度大小都可直接根据自身需求调整并固定座高,避免由于用户群体的差异而产生产品不好用、不能用的问题,见图 6。所以,定律 3 提高动态性能够满足产品服务系统的多适应性,共享、租赁等形式的产品服务系统具有丰富的用户群体,动态性的提升可以促进产品服务系统更好地实施。

3.1.3 向复杂系统进化定律

定律 4 向复杂系统进化是指系统进化到成熟期,自身资源殆尽,即可选择转向超系统,技术系统由单



图 6 调整系统的进化
Fig.6 Evolution of the adjustment system

系统向双系统以及多系统进化。但是,技术系统在某些情况下会裁剪冗余资源简化为一个新的单系统^[19],见图 7(图片摘自《TRIZ 系统化创新教程》)。工业产品包装的产品服务系统设计过程不再以过去传统包装为基础,而是通过对云计算、大数据以及信息化等技术的应用,促进包装智能化发展,增加管理化手段,提高利用率与回收率。以产品服务系统下的共享打印系统为例,通过线上云端与 APP 连接提供自助打印、资源找寻等功能,并运用云服务建立资源库,方便用户对资源的筛选与整合,通过线下打印机的设置完成与用户的互动。

定律 4 能够为产品服务系统提供理论依据与技术支持,智能设备的出现是系统逐渐由单系统向多系统趋势发展的表现,智能产品系统具有智能交互、智能感知等功能^[20],过去打印需要到打印店与专业人员沟通进行代打印,而智能化产品服务系统的出现使得自助打印成为现实,整个系统由到打印店完成打印转变为通过打印系统的云服务、APP 等完成,见图 8。现如今,用户同样可以通过 APP 来实现购物、点餐等过去无法实现的需求,GPS 定位系统、蓝牙等功能的出现也都是信息化社会的典型代表。智能化是产品服务系统的典型特征,也是连接用户、产品与服务的桥梁与纽带,互联网与各类 APP 的研发、应用才使共享、租赁等产品服务系统设计产物相继出现。工业产品包装的智能化发展能够极大地提高其利用率与回收率,尽管大数据、物联网等信息技术的出现使得系统更加复杂,却使用户操作起来更加简单、方便。

3.1.4 提高可控性定律

定律 8 提高可控性是指系统状态在规定时间约束条件下可实现的程度,可控性越好实现预定状态的时间越短^[19]。可控性定律在产品服务系统中的应用可以提高产品的自动化水平,增加系统的稳定性,进而降低服务成本。以共享单车的车筐太阳能电池板为例,见图 9(图片摘自百度),共享单车的“共享性”决定了其存在无时无刻被使用的状态,使用者通过扫码开锁使用单车,使用结束后关锁,避免单车的丢失与损坏,也一定程度地保证了商家的利益。而锁的运行需要电量,太阳能电池板通过吸收太阳光转化为电能,使单车时刻保持电量充足的状态,简化了工作人

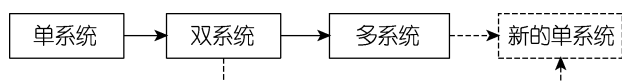


图 7 向复杂系统进化路线
Fig.7 Evolution routes to complex system

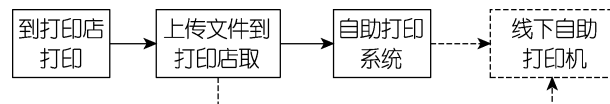


图 8 打印系统的变化趋势
Fig.8 Change trend of printing system

员的管理工作，降低了服务成本，实现了锁的电量自充，是可控性提高的表现。

提高可控性是提升产品服务系统稳定性的重要定律，系统可控性越高表明用户可操作性越强，PSS 的稳定性越高。共享单车通过利用太阳能电池板实现自充电极大地提高了单车使用的稳定性，同时降低服务成本。工业产品包装设计过程中应用可控性定律能够提高包装本身的可操作性，操作性提升意味着包装稳定性的提升，服务化程度也在不断加强，进而使得物流包装更易管理，整个系统朝着最高理想化水平的趋势发展。所以，成功的产品服务系统应用案例可以通过技术进化定律 8 来提升稳定性。

3.2 综合应用

通过对技术进化理论的分析研究，举例说明了技术进化定律对产品服务系统设计的支撑作用，技术的发展能够推动 PSS 的顺利实施，能够为工业产品包装逐步转向服务化奠定基础，包装的设计不再是单一产品的设计，将包装作为提供整个包装服务来进行设计研究，能够极大地提高该产品设计过程的可持续性，无形服务最大化地替代有形产品，减少资源消耗的同时提高利用率，是工业产品包装领域的一大创新。



图 9 太阳能电池板车筐与锁
Fig.9 Solar panel basket with lock

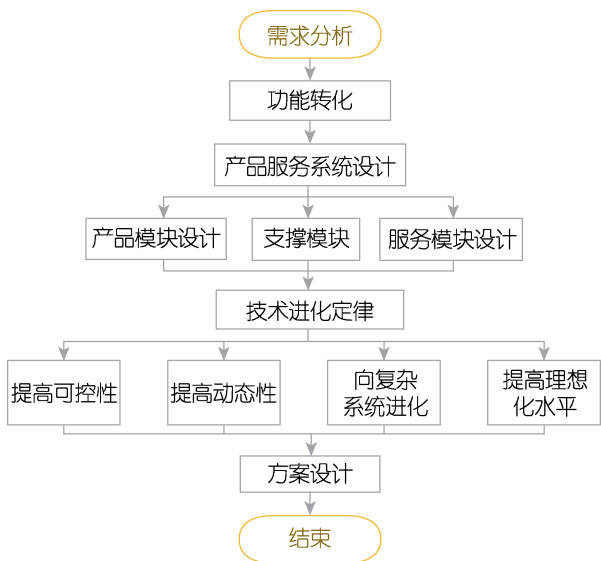


图 10 设计流程
Fig.10 Design flow

通过对产品服务系统应用在包装设计领域的研究发现，PSS 的应用过程存在一定弊端，需要借助 TRIZ 技术进化理论工具进行应用支撑。在增加支撑模块的同时，根据 PSS 设计流程与对技术进化定律的应用，总结出工业产品包装设计流程，见图 10。

4 产品服务系统下工业产品包装设计研究

根据目前工业产品包装市场现状，针对包装箱易坏、浪费严重等问题进行产品服务系统设计，采用“共享”模式提升利用率，进而解决回收等问题。传统包装箱为一次性产品，尽管有不少专家提出解决方案但仍未具体实施或实施起来较为困难。

以某通讯设备企业包装箱设计为例，以第三方服务者角度为其提供包装箱产品与服务，根据设计流程进行方案设计。首先，对第三方企业来说，工业产品包装箱的研发、设计、应用乃至回收整个流程都需要考虑到产品服务系统的特性、基本要求等。根据产品服务系统设计流程，从利益相关者的需求分析着手，将需求转变为功能，再通过 PSS 的应用与技术进化理论的支撑，最终得出方案。

4.1 需求分析

利益相关者可以从第三方企业、用户（通讯设备企业）以及环境进行分析。第三方企业即提供工业产品包装与相关服务的第三方企业，其最大需求就是经济效益，所以产品与服务需要满足成本低、效率高的特点，另外，便于管理、使用频率高也是其重要需求点；用户即通讯设备企业员工——包装箱的使用者，需求为成本低、利用率大、操作方便等；对于环境来说最大需求就是低能耗、提高利用率以及对环境零污染，这也是企业与第三方提供者的共同需求。具体分析见表 5。

表 5 利益相关者需求分析
Tab.5 Stakeholders demand analysis

利益相关者	需求分析
第三方企业	成本低：材料、加工工艺等满足功能的同时尽量降低成本
	收益高：产品与服务具有良好的用户体验，提高用户需求度
	便于管理：包装与产品的动态追踪
	易回收：使用一定次数后可回收
用户	耐用性高：产品质量好，选用耐摔、耐磨、耐用的材质
	低成本：拥有使用权不拥有所有权
	操作方便：符合人机，尽量适应不同使用者
	服务化程度高：包括产品在内的系统化一体式服务
环境	可回收：提供回收服务
	低碳环保：材料可降解，无污染
	可持续性：可循环利用

表 6 功能设计
Tab.6 Functional design

利益相关者	需求	技术进化定律	功能设计
第三方企业 用户	收益高 操作方便	提高动态性定律	箱体设计符合人机工程学
第三方企业 用户	便于管理 操作方便	向复杂系统 进化定律	每个箱体有其独立标签，并添加 GPS 定位系统，可操作 APP 等
用户	操作方便	提高可控性定律	通过 APP 可实时追踪；箱体规格设计尽可能多地包含工业产品种类
第三方企业 用户 环境	易回收 服务化程度高 可持续性	提高理想化 水平定律	提供箱体使用、物流以及回收服务

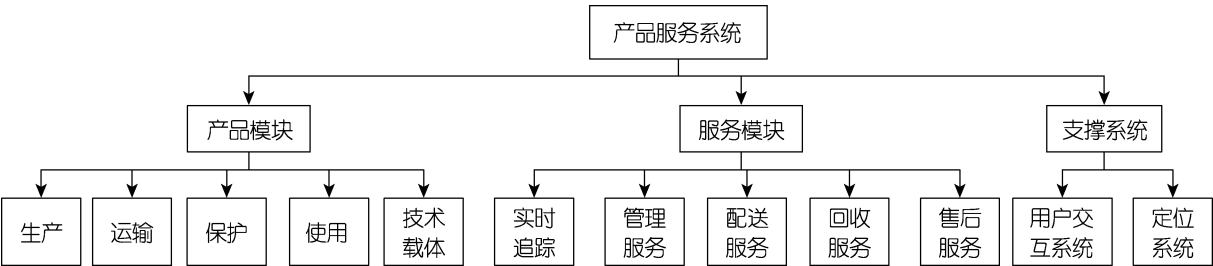


图 11 PSS 模块划分
Fig.11 PSS module division

4.2 功能设计

根据需求分析进行归类和研究后确定最终功能，再通过技术进化定律为功能的实现提供支撑作用，功能设计见表 6。

4.3 产品服务系统设计

根据产品服务系统设计流程，工业产品包装 PSS 设计需要对产品模块、服务模块以及支撑系统进行简单的划分，见图 11。

4.3.1 产品模块设计

通过市场调研与分析，经过实践调查发现 PP 材质最为满足要求，具有防摔、防撞、耐低温、耐高温的特点，能够在各种恶劣条件下保证产品的安全，箱体制作采用超声波工艺进行封边，结实且易实现。箱体边缘厚度约为 1 cm，包装箱使用次数约为 15~20 次。将 GPS 芯片置于 RTP 结构与工艺中，可以通过大数据、云计算等技术进行分析，对运输中的产品与箱体进行实时追踪。通过对通讯设备企业产品体积调查，主要针对配线架（含智能和非智能），包括 ODF、EDF、VDF、DDF，以及常用的通信设备，例如交换机、综合接入设备、PTN 等设备，将包装箱规格设置为长 50.5 cm×30 cm×40.5 cm，能够满足以上通讯产品的运输需求，造型见图 12。

4.3.2 服务模块设计

应用技术进化定律作为实现功能的工具，现根据物流运输前、运输中与运输后三阶段进行详细说明，见图 13，并对第三方、包装箱用户企业（产品发出

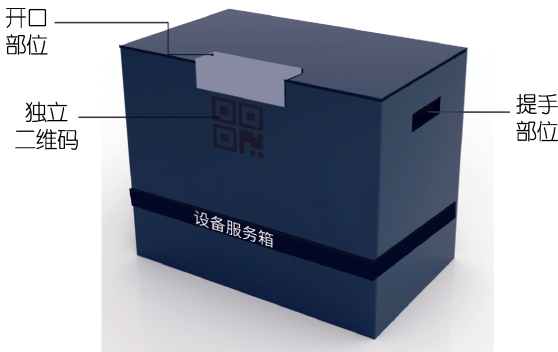


图 12 造型
Fig.12 Model figure

企业)、产品接受企业三者关系进行分析，见图 14。

1) 物流运输前，通讯设备企业通过运输工业产品的种类及相应数量来确定所需箱体的数量，联系第三方企业后拿到包装箱。每个包装箱有其独立标签，装好产品后 APP 扫码用来标记所运输的包装箱。第三方企业进行物流发送。

2) 物流运输中，企业与第三方可通过 APP 实时共享物流情况，对运输产品进行动态追踪。若为远距离运输，产品到达枢纽处后物流工作人员可扫码获取运输信息，并进行下一步运输动态的发布。

3) 物流运输后，收货企业或工厂收到货后 APP 自动更新，发货企业可第一时间获取信息。收货同时需要在线支付相应金额作为包装箱的押金，收货企业或工厂进行拆件处理，拆件后的包装箱可通知第三方企业进行回收，或自行还回第三方企业当地管理服务处，同时平台退回押金。



图 13 服务分析

Fig.13 Service analysis diagram

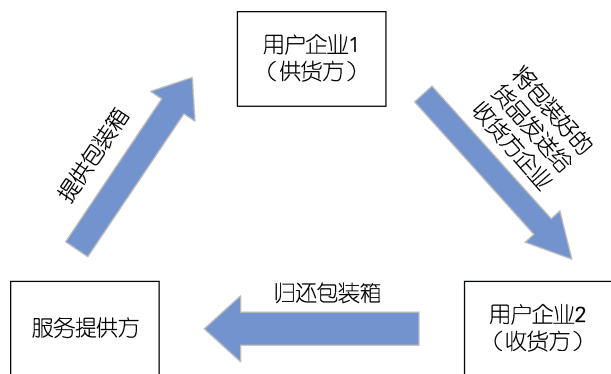


图 14 三者关系

Fig.14 The Relationship of three parties

4) 针对包装箱的管理，每个包装箱装有 GPS 定位系统，工作人员定期通过后台调查，位置异常会有专门管理人员进行管理调查，某区域包装箱过多或过少及时进行补充与协调。

整个设计在保证产品功能实现的同时还需要对服务流程进行系统设计，服务模块包含信息网络构

建、物流运输服务、回收服务以及售后服务等，现根据服务模块构建需求的智能 APP 操作界面进行展示，见图 15。

根据整个系统设计流程分析，由第三方包装箱提供者到需要包装的产品企业，再到产品用户企业，最终回到第三方包装提供者，是一个闭环的过程，第三方企业提供包装与服务进行获利，货品提供企业只需租赁包装箱达到物流保障进而降低成本，而用户企业通过配合第三方对包装进行回收即可，这种模式解决了包装箱难循环、难回收的问题。然而，第三方企业的存在不只是为了为用户提供包装箱及相应的物流服务，包装箱的回收工作同等重要，能够保证企业自身获益的同时提高资源利用率，降低资源浪费对环境造成的压力，是可持续的重要表现。

共享、租赁等产品服务系统的可持续形式无疑是目前社会可持续发展的最优形式，是满足人们生活需求的最佳选择，由过去单一产品输出、产品与附加服务再到目前的产品与服务不可分割的状态，是不断朝着最理想化状态迈进的大趋势。

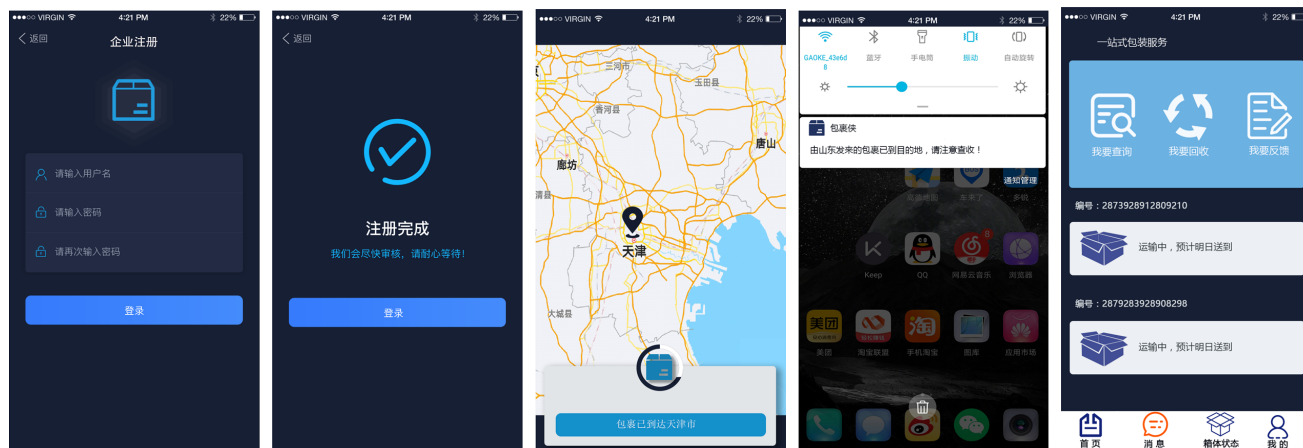


图 15 APP 界面操作

Fig.15 Operation diagrams of APP interface

5 结语

通过对产品包装现状分析,指明对工业产品包装进行产品服务系统设计的必要性与可行性,产品服务系统是由产品模块与服务模块共同组成,对工业产品包装进行综合、系统地设计一定程度上能够降低能源消耗,减少环境污染,是产品服务系统应用在设计领域的又一创新。在产品服务系统应用过程中,通过对 TRIZ 技术进化理论与进化定律的探究,为 PSS 提供技术支撑与发展方向的同时,提高产品服务系统应用在工业产品包装领域的有效性。工业产品包装用量大、产品具有共通性,对该领域包装进行改进设计与研究具有一定的现实意义。

参考文献:

- [1] 赵颖,柳冠中. 事理学在产品服务系统模式设计中的应用[J]. 包装工程, 2019, 40(2): 122-127.
ZHAO Ying, LIU Guan-zhong. Application of Science of Human Affair in Model Design of Product Service System[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(2): 122-127.
- [2] 刘冬. “可循环+共享模式”推进电商物流包装新时代[J]. 今日印刷, 2019(12): 50-51.
LIU Dong. “Recyclable + Shared Mode” to Promote the New Era of E-commerce Logistics Packaging[J]. Print Today, 2019(12): 50-51.
- [3] 薛小英. 我国第三方物流包装应用研究[D]. 福州: 福州大学, 2014.
XUE Xiao-ying. Third Party Logistics Packing Application of China[D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2014.
- [4] 付丹玫. 物流包装:重复使用更经济,租赁服务更便捷[J]. 物流技术与应用, 2016, 21(12): 144-146.
FU Dan-mei. Logistics Packaging: Reuse is More Economical and Leasing Service is More Convenient[J]. Logistics & Material Handling, 2016, 21(12): 144-146.
- [5] 冯梦珂,曹国荣,程玲,等. 快递包装的现状与绿色化[J]. 北京印刷学院学报, 2016, 24(2): 22-25.
FENG Meng-ke, CAO Guo-rong, CHENG Ling, et al. Status and Greenization of Express Packaging[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2016, 24(2): 22-25.
- [6] 李浩,焦起超,文笑雨,等. 面向客户需求的企业产品服务系统实施方案规划方法学[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(8): 1750-1764.
LI Hao, JIAO Qi-chao, WEN Xiao-yu, et al. Implementation Solution Planning Methodology of Enterprise Product Service System Oriented to Customer Demand[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017, 23(8): 1750-1764.
- [7] 袁晓芳,吴瑜. 可持续背景下产品服务系统设计框架研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 91-94.
YUAN Xiao-fang, WU Yu. The Framework for Sustainable Product-Service System Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 91-94.
- [8] GOEDKOOP M J, VAN H, C J G, TE R H RM, et al. Product Service Systems, Ecological and Economic Basis[J]. Report for Dutch Ministries of Environment (VROM) and Economic Affairs (EZ), 1999, 36(1): 1-122.
- [9] MONT O. Clarifying the Concept of Product-Service System[J]. Journal of Cleaner Production, 2002, 10(3): 237-245.
- [10] TUKKER A, TISCHNER U. Product-Services as a Research Field: Past, Present and Future. Reflections from a Decade of Research[J]. Journal of Cleaner Production, 2006, 14(17): 1552-1556.
- [11] 耿秀丽. 产品服务系统设计理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
GENG Xiu-li. Theory and Method of Product Service System Design[M]. Beijing: Science Press, 2018.
- [12] TUKKER A. Eight Types of Product-Service System: Eight Ways to Sustainability Experiences from SusProNet[J]. Business Strategy and the Environment, 2004, 13(4): 246-260.
- [13] 宋雪英. 顾客需求驱动的面向功能的产品服务系统配置方法研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2017.
SONG Xue-ying. Research on The Configuration Method of Function-oriented Product Service System Driven by Customer Demand[D]. Qingdao: Qingdao University, 2017.
- [14] 许雅楠,曹国忠,曹小良. 基于 TRIZ 理想化的产品服务系统创新设计研究[J]. 设计, 2015(13): 54-55.
XU Ya-nan, CAO Guo-zhong, CAO Xiao-liang. Product Service System Innovation Design Based on TRIZ Idealized Research[J]. Design, 2015(13): 54-55.
- [15] 彭怀志,黄艳江,张添玉. TRIZ 理论体系下的厨余垃圾处理设备发展与预测分析[J]. 价值工程, 2020, 39(9): 116-120.
PENG Huai-zhi, HUANG Yan-jiang, ZHANG Tian-yu. Development and Prediction Analysis of Kitchen Waste Disposal Equipment under TRIZ Theory System[J]. Value Engineering, 2020, 39(9): 116-120.
- [16] 王波,项冲,安增军,等. 基于 TRIZ 理论的旋挖钻机技术进化路线分析[J]. 筑路机械与施工机械化, 2018, 35(9): 33-38.
WANG Bo, XIANG Chong, AN Zeng-jun, et al. Evolutionary Route Analysis of Rotary Drilling rig Technology Based on TRIZ Theory[J]. Road Machinery and Construction Mechanization, 2008, 35(9): 33-38.
- [17] ZHANG F Y, XU Y S, HU D J, et al. The Objectives Decision Making Study in Product Innovation Development Process Based on TRIZ Technology Evolution Theory[J]. Materials Science Forum, 2004(471-472): 613-619.
- [18] CAI J, LIU H, DUAN G, et al. TRIZ-based Evolution Study for Modular Fixture[J]. Global Design to Gain a Competitive Edge, 763-772.
- [19] 张焕高. TRIZ 系统化创新教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
ZHANG Huan-gao. Systematic Innovation Based on TRIZ[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2017.
- [20] 武春龙,朱天明,张鹏,等. 基于功能模型和层次分析法的智能产品服务系统概念方案构建[J]. 中国机械工程, 2020, 31(7): 853-864.
WU Chun-long, ZHU Tian-ming, ZHANG Peng, et al. Conceptual Scheme Construction of Smart Product Service System Based on Functional Model and Analytic Hierarchy Process[J]. China Mechanical Engineering, 2020, 31(7): 853-864.