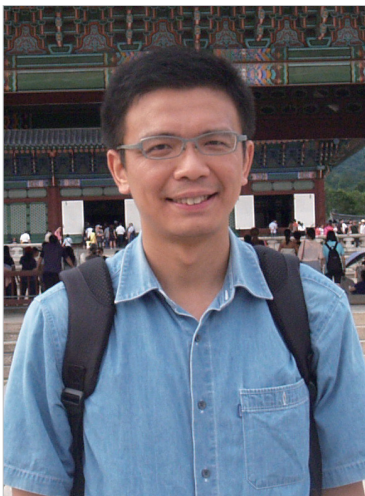


再生制造： 我国制造业面临的挑战^{*}

De-Manufacturing: Challenge Facing to Chinese Manufacturing Industry

清华大学自动化系 李 清



李 清

清华大学自动化系副教授,主要从事企业信息化系统与工程总体技术的研究和工程实践,涉及信息系统体系结构和建模方法、项目管理、IT 咨询方法论、复杂系统评价与优化等研究方向。

随着全球环境问题的日益突出和可持续发展理念的深入人心,工业产品,尤其是家电、汽车等消费类工业产品在正常产品生命周期完结后

再生制造不同于再制造(Re-manufacturing)。在产品的正常生命周期完结后,产品如何被低成本回收、无害化处理、发掘新的价值并加以再利用的过程构成了与一般生产制造反向的过程。

的处理问题越来越受到广泛的关注。很多国家和地区通过立法手段制定了产品生命周期结束后的处理规范。

欧盟在 2000 年通过了要求其成员国的汽车生产企业对产品报废之后进行处置的指令^[1],在 2003 年通过了《关于报废电子电器设备指令》(WEEE)和《关于在电子电器设备中禁止使用某些有害物质指令》(ROHS),规定进入其市场的电子产品都要由生产厂家负责报废后产品的处置^[2]。日本在 2001 年通过了大型家用电器的报废处理由供应商负责的指导性建议^[3]。

2007 年 3 月 1 日,我国《电子信息产品污染控制管理办法》正式实施,该管理办法将电子信息产品污染防治作为废旧电子信息产品回收处理再利用工作的基础性工作,从产品的研发、设计、生产、销售、进口等环

节开始做好对这些有毒有害物质的控制,既体现了“从源头抓起”、“污染防治”、“预防在先”的环境保护思想和原则,又为废弃电子信息产品回收、拆解、处理再利用打下基础,也是生产者对“谁污染,谁负责”的污染治理原则的最重要的实践。

中国是世界制造业的主要集中区域,制造业在世界范围具有很高的比较优势。在政策要求和企业自身可持续发展的双重要求下,越来越多的制造企业开始关注如何在兼顾经济效益和生产效率的前提下,考虑环境保护的问题。

但是,电子信息产品污染控制是一个系统工程,由于 IT 产品呈几何速度增长,回收利用和无害化处理不好将是污染的主要源头之一。虽然我国已经开始进行再生领域的试点工作,但效果并不理想。花大力气建

^{*} 国家 863/CIMS 主题资助项目(2007AA04Z1A6)、北京市自然科学基金资助项目(9072007);清华大学亚洲研究中心 2010 年青年项目 C1 资助。

立起来的试点企业往往很难回收足够的废旧家电,原因是试点企业的回收价比走街串巷的个体户要低,无法吸引用户将其废旧家电交给试点企业。

据统计,我国2009年电视机、电冰箱、洗衣机、空调、电脑等主要家电产量近5亿台,出口量达2.4亿台。同时,我国已开始进入家用电器报废的高峰期,每年的理论报废量超过5000万台,报废量年均增长20%。因此更为复杂的产品生命周期后阶段的处理技术研究、开发和部署显得非常迫切,而在整个生产系统中构建全新的再生制造理念和生产系统则显得尤为重要。

再生制造及其面临的主要问题

目前,关于产品生命周期结束后的报废处理过程的研究和应用主要集中在以下领域。

(1) 废弃物的最终处理。例如对于一般消费类产品的报废问题和垃圾处理问题等,研究如何减少最终不可回收废弃物的数量和所占空间,减少焚烧、填埋等最终操作所带来的污染。

(2) 特定产品的高效回收分解工艺。例如对于大型报废船只的分解问题等,研究如何降低这些产品的分解成本。

(3) 回收产品和部件的修理和再利用。例如电机、发动机的再利用,打印机零部件的回收利用等,研究更有效地对这些难以制造、价格昂贵的产品进行再生利用的技术。

随着工业需求的不断增加,这些单项技术的研究开始向着系统化、综合化的方向发展。在该领域目前有一个值得关注的新动向是再生制造(De-manufacturing),与之近似的一个研究领域就是反向物流。

再生制造不同于再制造(Re-manufacturing)。在产品的正常生命周

期完结后,产品如何被低成本回收、无害化处理、发掘新的价值并加以再利用的过程构成了与一般生产制造反向的过程。

国内外关于生产制造反向过程的相关研究已经起步:相对于从原材料供应商沿供应链到生产商、分销商、零售商及最终消费者的正向物流系统,构建了将产品从最终消费者手中收集汇总到再处理者手中的反向物流系统(Reverse Logistics)^[4];相对于制造系统,构建了将生命周期结束后的产品进行拆卸维修、更换零部件后加以重新利用的再制造系统;此外,还有将回收的产品加以适当的拆解、加工,形成新产品,进入其他产品流通领域的可重用制造系统等。概括地讲,相对于产品销毁和垃圾处理的问题,可以将上述问题归结为产品生命周期结束后的再生制造问题,相应的综合系统可以称为再生制造系统。再生制造是我国推进循环经济发展的重要方向。

一个面向生命周期结束的产品再生制造系统与传统制造系统之间存在着紧密的联系。在物流方面,产品经过最终消费者消费后,就进入了生命周期结束后的处理阶段,也就进入了再生制造系统的范畴。生命周期结束后的产品通过回收活动和再制造活动,一部分经过修复,重新进入原来的消费领域;另一部分经过重用制造过程,分解为不可回收部分、原材料、零部件或形成新的产品,进入新的产品消费领域。在信息流方面,全生命周期产品信息传递如图1所示。再生制造系统的经营管理功能一方面将原产品生产制造和流通消费过程中的信息,如产品结构、流通过程等传递到再生制造系统,用以辅助进行再生制造过程,另一方面将再生制造过程中的信息,如产品报废的状态、环境影响等反馈回制造系统,为制造系统更新设计、制造和流通等活动提供支持。再生制造是系

统解决工业产品报废再利用问题的出路。

但是已有制造技术和管理手段都无法满足再生制造系统构建、运行和维护的需要。目前,构建再生制造系统面临如下难题。

(1) 经营模式与经营管理问题。

现有的技术水平下,大部分产品报废后是不利于回收和再制造的,产品生命周期结束后的处理过程是一个高成本、低收益甚至是负收益的过程。目前所采用的产品回收处理模式大致有制造商扩展责任、企业联盟负责、第三方企业负责、政府负责和消费者负责几种。但是不论何种模式,解决成本分摊和经营模式与经营管理问题是目前再生制造系统研究首先需要解决的问题。

(2) 产品回收问题。

类比制造系统而言,产品的回收与沿供应链的物流方向正好相反,产品的回收问题也就构成了通常所说的反向物流问题的主要内容。反向物流是指产品从最终消费者手中报废之后,收集汇总到处理者手中,经过分解处理和再制造,并重新进入消费领域的物流过程。反向物流领域的问题包括回收网络的设计、信息流控制、运输、包装和仓储等内容。

反向物流研究的主要问题是回收网络的设计问题。由于产品报废时所处的地理位置分布随机并且广泛,很难建立一个有效的收集系统,而且收集的成本非常巨大^[5-6]。

回收网络的设计通常需要解决以下问题:

- 回收中心的能力界定;
- 回收中心物理位置的确定;
- 物流深度的确定;
- 反向物流中信息流的控制。

(3) 产品处理问题。

研究工业产品回收后分拣、运输、拆解、降解等一系列环节中的技术问题,尤其强调降低处理成本,提高处理效率,同时减少处理过程对环

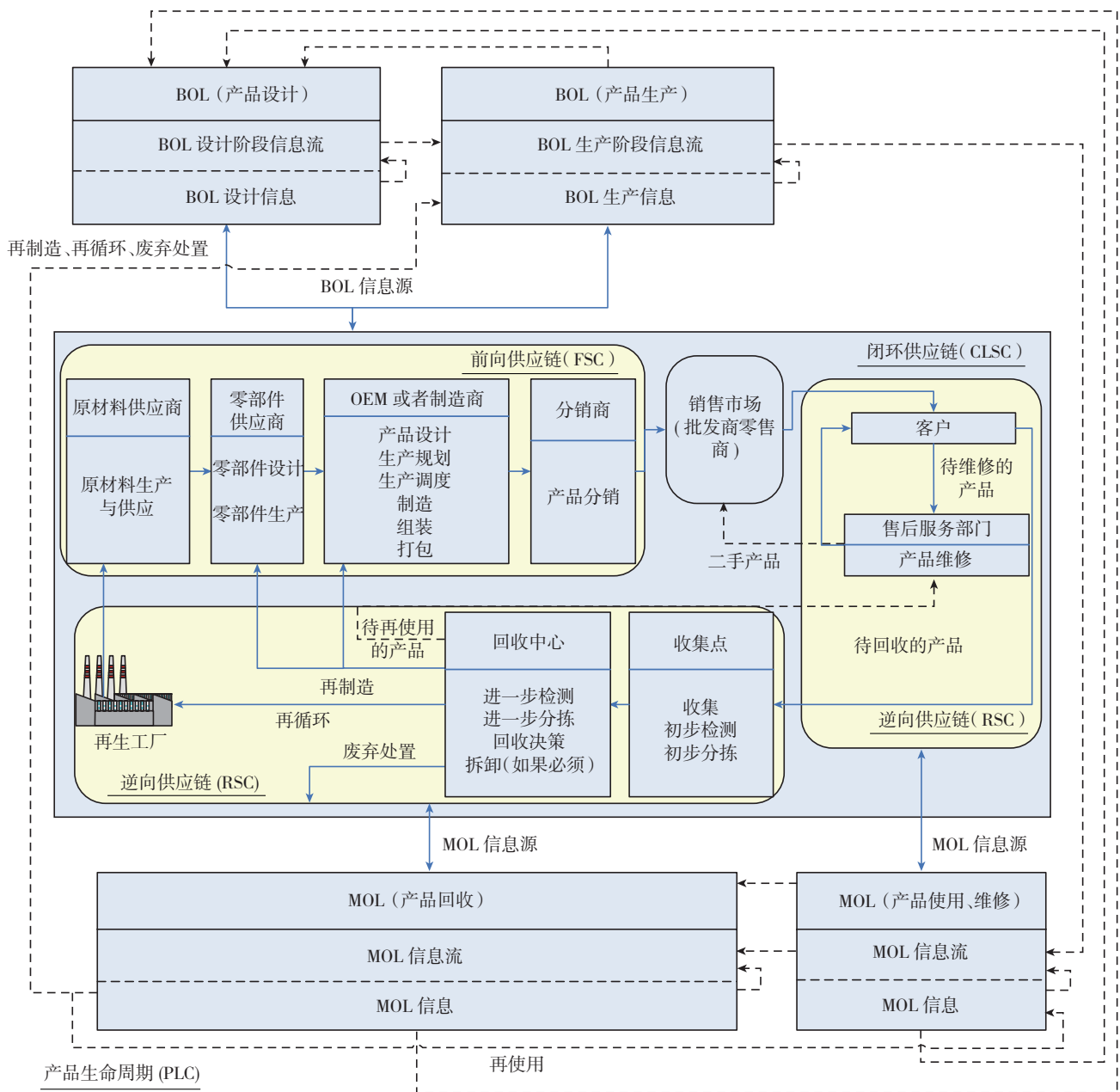


图1 全生命周期产品信息传递框架

境的破坏。

综合考虑产品生命周期结束后的再生制造问题,已经形成了一些相应的整体解决方案。“制造商的扩展责任”作为一种构建再生制造系统的策略,目前已经得到广泛的认可,并被相关法规政策所采纳。欧盟实施的关于电子产品废弃回收的法案正是基于此策略。也就是通过扩展制造商的责任,来提升制造系统在产

品全生命周期中的环境效益水平的策略,通过引导制造商对产品生命周期结束后的过程负责,如回收、分解、再利用等来减少报废产品对环境的影响。这种策略把产品的报废处理过程作为生产过程的一种延伸。此外,还有从广义企业的角度对产品生命周期结束后的解决方案进行的研究。从扩展企业角度,产品生命周期结束的处理过程仍然可以作为整个

供应链的一部分,通过综合比较分析产品生命周期结束后过程和供应链其他部分的关系,从供应链管理的角度提出了相应的解决策略。除此之外,相关的研究还有很多。

国外在该领域的研究从汽车报废以后的回收利用(recycle)开始^[7],在逆向物流系统由哪些企业成员构成(可能有“前向”物流渠道成员,如制造商、销售商、物流服务商等;也

可能有其他服务商,如二手市场经销商、回收物品处理商等),逆向物流系统必须具备哪些功能(收集、测试、分类、运输、拆卸、修复或处理等)且在何处实现等问题方面进行了深入的研究,提出了一系列的设计原则,并针对特定的产品特征进行了专项的研究工作,这些研究作为欧盟制定工业产品的环境政策提供了技术基础。

我国开展再生制造面临的挑战

对于我国政府和企业,开展再生制造技术的研究刻不容缓。我国制造的工业品在全球市场具有非常突出的成本优势和质量优势,国外与环境有关的新政策对我国制造的工业品进入国外市场形成了新的技术壁垒,同时对我国企业的产业结构调整 and 自有品牌战略的实施造成阻碍。另一方面,随着社会的发展,我国的能源、环境问题日益突出,近年来能源和原材料短缺愈演愈烈,我国政府、学术界和企业界深刻认识到发展循环经济,是我国经济长期稳定健康发展的基础,再生制造领域的研究将带来巨大的经济和社会效益。

全面分析我国在制造业领域实施循环经济的国家战略,我国的再生制造系统的构建具有如下特点。

(1) 工业产品种类繁多、产品线漫长。我国向整个世界市场提供了门类繁多的工业产品,所承担的再制造责任将是多产品线、全球范围内的。因此我国不能按照国外的经验,就各个产品进行再生制造系统的构建。适合我国的再生制造系统必然是多产品综合利用的网络。

(2) 工业品回收处理方式落后。我国目前工业品的回收处理方式还是处于手工分拣,依赖于传统的物资回收网络,缺乏先进技术的支持,往往造成严重的二次污染,物资的再生利用率不高。

(3) 政策法规不配套,监管体系不健全。我国现在对工业产品的再生利用领域还缺乏政策法规的支持,对再生制造系统的构建缺乏强制约束力。

(4) 产品全寿命的信息管理技术和系统处于起步阶段。再生制造系统依赖于对产品的全寿命周期的管理,目前我国制造企业的产品生命周期管理技术还处于起步阶段,尚不能对产品的整个生命周期的信息进行有效的管理。

(5) 目前产品再利用的价值与成本缺乏竞争力。目前的回收渠道和处理技术不完善,造成再生制造的成本过高,再生制造比较于传统制造,缺乏成本上的竞争力。

(6) 跨企业的物流与信息流的控制手段缺乏。目前我国跨企业的正向物流系统的构建尚处于初级阶段,对产品的跟踪控制能力有限,无法适应产品专业回收网络的要求。

(7) 正规的再制造回收网络受到传统回收网络的冲击。我国传统的回收网络往往只是延长了产品的利用周期,最终的废弃物往往都没有进行无害化处理就抛弃在自然环境中,并没有从根本上解决工业产品对环境的最终污染。由于正规的再生制造网络需要承担最终废弃物的无害化处理,因此回收价格相比较传统回收网络没有竞争优势,无法真正形成完整的产业链条。

由于国内外已有的研究往往以某一种特定产品、某一个特定的区域、某一个特定的产业链为对象进行研究,没有提出比较系统的解决方案,尤其没有形成系统分析的框架和方法论,这对于解决我国所面临的特定问题显得捉襟见肘。我国目前的国际地位需要系统的解决方案,需要多种产品的综合治理,需要形成综合的再生制造系统和再生制造网络。因此迫切需要开展这方面的研究工作。

构建完整的再生制造系统是一个相当复杂的系统工程,它首先需要兼顾环境影响、有效性和经济效益,而不仅仅是简单的某项政策或者某些单元技术的研究。它要求系统化地考虑社会效应、生产技术和经营管理模式等综合问题。目前的研究往往从某一特殊产品和行业的角度考虑系统构建策略,这样的研究成果缺乏普适性,因此迫切需要从方法论上找到再生制造系统的分析、设计、构建方法。

与再生制造系统类似,工业企业信息化系统也是一个复杂巨系统,涉及管理、技术和人三要素的集成,涉及资金流、信息流、物流三流的集成。为了设计、开发、实施、维护这样一个复杂系统,需经过长期的努力形成多种集成系统参考体系结构、企业建模方法和实施方法论,并通过大量的工业实践,将为集成系统的成功实施并取得实效提供工具和手段。这些有关集成系统体系结构与方法论的研究成果将为我国的再生制造系统的研究、设计、构建、运行提供支撑。

结束语

我国工业化进程在早期基本上是按照西方国家工业化进程的经验,比如制造企业的运行机制、管理模式、业务流程、基础设施、人员组织等方面的理念、方法和手段,基本都是引进西方的研究成果和工业实践的经验。而当今世界的环境、能源和政策,都没有办法为中国的制造业构建一个西方国家工业化进程一模一样的外部环境,因此通过再生制造系统的研究和部署,将为我国制造业寻找一条可持续的高速发展道理提供帮助,同时也为世界工业化领域的理论注入新鲜血液。

本文共有参考文献7篇,因篇幅所限未能一一列出,如有需要请与本刊编辑部索取。(责编 夏宛)