

Products green-design and producing in modularity condition

Guo Qin

¹Beijing jiao tong university school of economics management, Beijing, China, 100044

Email: MEL920@YAHOO.CN

Abstract: Nowadays, plenty of product and consumer cannot be avoid leading to serious environment and resources problem, its limited is more and more extraordinary. However, at present those products, the most of these are producing by traditional way, it is given to lots of destruction to environment. For this, this paper put forward a new way of product, which is modularity for product life cycle design and CMPP. Additionally, this paper through analysis and Positive Analysis, demonstrated comprehensive big scale product way is particularly better than others.

Keywords: modularity; CMPP; product life cycle; green-product

模块化条件下的产品绿色设计和制造研究

郭 琴

¹北京交通大学经济管理学院, 北京, 中国, 100044

Email: MEL920@YAHOO.CN

摘 要: 当前社会的大规模制造和大规模消费已经不可避免的引起了严重的环境和资源问题, 它的局限性日益凸显。然而, 在当今生产出的产品中, 大部分是通过传统的方式生产的, 这给环境带来了非常大的破坏。为此, 本文提出了一种新的生产方式, 即模块化条件下的产品生命周期设计及其设计方法 (CMPP)。另外, 本文通过分析和实例研究, 论证了综合大规模制造法相比其他传统制造法具有明显的优越性。

关键词: 模块化、CMPP、生命周期设计、绿色生产

1 引言

近些年来, 随着社会经济的不断发展和科学技术的飞速提升, 产品的更新换代越来越快, 淘汰下来的产品及其配件废弃物数量惊人, 这些废旧产品若得不到妥善的处置, 将对人类健康和环境安全构成极大的危害。

在漫长的人类设计史中, 产品设计为人类创造了现代生活方式和生活环境的同时, 也加速了资源、能源的消耗, 并对地球的生态平衡造成了极大的破坏, 带来了一系列环境问题。产品设计在其形成与发展的过程中, 不断变化着发展完善自己, 改进自身存在的弊端。但无论以往的产品设计理念怎么演变, 然而始

终没有把环境因素考虑其中, 即在设计中没有融入绿色的概念, 这也是其最大的不足之处, 从而间接地给人类带来了一些不良的影响。

产品设计是一个长期的、完整的、系统化的过程。我们知道, 任何一种产品, 无论其寿命有多长, 但它最终避免不了因老化损坏被废弃的结局。以往的设计中, 因为没有从产品全生命周期角度设计, 在设计中会选择一些有毒的材料或难以降解的材料, 从而使产生的产品废弃物污染环境, 造成产品被废弃后不可回收, 不可重复利用, 进而使废弃物越积越多。可以说产品设计影响到产品的整个生命周期过程。在制造阶段, 产品设计决定了产品所使用的原材料、制造的工

艺流程和资源消耗等等；在运输阶段，产品设计决定了产品的重量和体积，因而也在很大程度上影响着运输成本和能源消耗；在消费使用阶段，产品设计直接决定了产品的功用，决定着产品的价值能否最终实现；在回收再制造阶段，产品设计直接决定了产品的可回收性和可再制造特性，从而直接影响到再制造的收益，因此产品设计显得非常重要。

2 产品绿色设计

有关研究显示，产品早期设计决定了 70%~80% 的产品制造费用。然而，在现阶段进行产品设计时，着重考虑产品制造、装配方便，结构简化和材料成本降低，而往往没有考虑到产品生命周期结束后废旧产品的处理问题。由此当前社会正面临着一个令人忧虑的现象：越来越短的产品使用寿命造成数量越来越多的废弃消费品，生态效率正逐步降低。产品的回收是单个产品生命周期的最后一环。在对废旧产品的零部件、材料回收、再生利用后，形成真正的封闭循环。产品设计中模块结构、连接方式和材料构成的多样性等在很大程度上影响了产品的回收性和再制造性，从而在很大程度上影响了生态效率。因此，为了从最大程度上减少资源消耗、减少污染和减少废弃物排放，只有在产品设计中走基于全生命周期产品再制造设计的道路，即在产品设计阶段考虑产品的全生命周期过程。

绿色设计的主要特点包括以下几个方面：

(1)拓展了产品生命周期。传统产品生命周期包括从“产品制造到投入使用”的各个阶段，即“从摇篮到坟墓”的过程；而绿色设计将产品的生命周期延伸到了“产品使用结束后的回收重用及处理处置”，即“从坟墓到摇篮”的再现过程。这种拓展了的生命周期便于在设计过程中从总体的角度理解和掌握与产品有关的环境问题及原材料的循环管理、重复利用、废弃物的管理和堆放等，便于绿色设计的整体优化。

(2)绿色设计是并行闭环设计。传统设计是串行开环设计过程，而绿色设计要求产品生命周期的各个阶段必须被并行考虑，并建立有效的反馈机制，即实现各个阶段的闭路循环。

(3)绿色设计有利于保护环境。维护生态系统平衡设计过程中分析和考虑产品环境需求是绿色设计区别于传统设计的主要特征之一，因而绿色设计可从源头上减少废弃物的产生。

(4)绿色设计是可以在不同层次上进行的动态设计过程。绿色设计可以 3 个层次上进行，即治理技术与产品设计(如可回收性设计)、清洁预防技术与产品设计和为价值而设计(目的在于提高产品的总价值，这种价值体系是人与环境的共同体)。

3 产品的模块化

面对当今产品设计绿色化的要求，我们找到一种有效地产品设计生产方式—模块化，它已成为产品的主要发展趋势之一。模块化设计是保证产品适应性的有效途径，因为它可以重组产品部件来满足不同的使用要求产品的可靠性和服务性。也是产品设计的重要内容。产品不可靠，即使技术先进也不会受欢迎，片面追求产品可靠造成售价过高也不可取。产品的服务性包含产品的维护性和修理性。维护是常规性的，而修理常需更换失效的零部件。对于产品的服务性，设计者要考虑产品服务的停机时间，服务的工具，服务人员的技能要求，服务程序的复杂性，服务出错的可能性，服务频率要求等。

在表 1 中，我们列出了几种传统的产品制造方式和综合大规模制造方式 (CMPP)，并比较它们在材料消耗、能源消耗和废弃物排放等方面的异同。这几种方法是目前存在的比较主要的产品设计方法。

Table1. Different Design ways for product life cycle

表 1. 不同产品生命周期设计方法

传统型	传统型是目前产品生命周期设计最常见的类型。当产品不能正常使用时，它被消费者直接遗弃。
回收型	回收型和传统型有一定的相似性，不同之处是对不能正常使用的产品回收利用。这种类型在生活中也较多存在。
再使用型	在这种类型的产品不能正常使用时，它的未损坏的模块被重新使用，不能被重新使用的部分则回收。
维修型	当产品损坏时，消费者把产品送到维修部门，维修好后重新使用，损坏的模块作遗弃处理。如果维修费用过高，则遗弃产品。
CMPP 型	这种类型的生命周期设计融合了其他四种设计的优点，被认为是理想的生命周期设计方式。

3.1 产品的模块结构

对产品模块化设计之前，我们认为它满足以下条件：

(1) 产品是由不同类型和不同数量的模块组成的，模块是由不同零部件组成的，零部件是产品里最小的单元。(2) 每个零部件都有各自的属性。如材料的可回收性，使用寿命、体积和形状等。(3) 零部件不能再维修和分解。也就是说，零部件是产品的最小单元。(4) 损坏的模块可以通过更换零部件得到维修，损坏的产品可以通过更换模块得到维修。

3.2 运行流程

我们把综合大规模制造方式 (CMPP) 下的产品整个生命周期的流程用下图 2 表示：生产车间只负责生产零部件，生产出的零部件运输到零部件仓库储存；之后零部件被运输到模块仓库，并在模块仓库组装成整个模块；组装好的模块被运输到产品组装车间组装成产品，通过销售渠道送到顾客手中；至此，产品的正向流通已经完成。

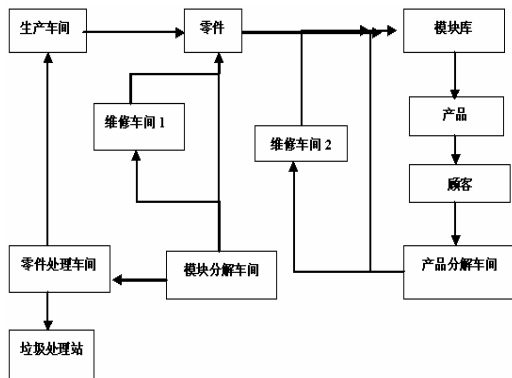


Fig2.CMPP product life cycle design way for products circulate

图 2.CMPP 生命周期设计方式下产品流通图

在逆向流通中，损坏的产品首先被送到产品分解车间，在产品分解车间，损坏的产品被分解为不同的模块，完好的模块被直接送回到模块仓库继续利用，有维修价值的模块则先被送到维修车间进行维修，维修好后被送到模块仓库；损坏的模块则被送到模块分解车间，在这里模块被分解成零部件，完好的零部件被直接送回到零部件仓库，有维修价值的零部件被送到维修车间，维修好后被送到零件库，损坏的零部件则被送到零件处理车间；在零件处理车间，损坏的零部件被分解，有利用价值的材料如金属被送回到生产车间重新利用，其他部分则作为垃圾被送到垃圾处理站。至此，整个逆向流通过

程结束。

3.3 参数假设

为了具体分析整个流程，我们作如下参数设置：

P_m ：模块价格， P_f ：模块维修费用
 P ：模块总花费， α ：产品的维修系数，用于判断产品的可维修性， MT ：产品的维修间隔期 T_{min} ：顾客可接受的产品维修最小间隔期， R ：产品回收率， C ：模块的零件集， U_c ：零部件再利用判断参数， LT_c ：零部件设计使用寿命， OT_c ：零部件实际使用寿命， GT_c ：零部件正常使用的门槛时间， Q_b ：模块集的数量， Q_{bn} ：不能再利用的模块数量， RR_{min} ：产品再利用门槛系数在本文的讨论中，消费者在每个模块上的花费为 P ，如果维修费用过高，则消费者放弃维修，表达式如下：

$$P = P_m + P_f \tag{1}$$

$$\sum C_f \leq \alpha \times p \tag{2}$$

$$MT \geq T_{min} \tag{3}$$

如果模块没有大的损坏，经过简单维修或者不需要维修即可再利用，必须满足以下要求：

$$LT(c) - OT(c) \geq GT(c) \tag{4}$$

如果损坏的模块有不可再使用的零部件，则进入模块分解车间，模块的再使用判断标准：

$$\frac{Q_b - Q_{bn}}{Q_b} \geq RR_{min} \tag{5}$$

通过上文几个公式，我们可以对从消费者手中回收到的产品进行分析，根据分析结果判断各个模块的处理对策。

4 实证研究

在科技发展日新月异的今天，电子产品升级换代的速度非常快，大众的消费量越来越大，由此导致的电子垃圾问题十分突出。目前，对这些废弃的电子产品的处理还停留在非常初级的阶段，这不仅带来了严重的环境问题，也是对资源的极大浪费。下面以手机为例，通过获得的资料数据并运用仿真系统进行仿真，来比较几种生命周期设计方式的特点。

Table 3, Related parameter of Mobile' spares

表 3.手机的零部件的相关参数

零部件名称	组成材料	再使用性	回收方式	维修间隔(月)
LCD 外屏显示透明镜片	有机玻璃	是	材料回收	30
LCD 内屏显示透明镜片	有机玻璃	是	材料回收	43
LCD 内屏静电保护膜	软质 PVC	否	能量回收	31
PC 盖片	PC	否	能量回收	23
装饰片	铝	是	材料回收	37
薄电池外壳	塑料	否	能量回收	32
SIM 卡盖	不锈钢	是	材料回收	62
按键盘	硅胶、PC	否	材料回收	39
导电布	塑料、金属	是	材料回收	46
磁棒	金属	是	材料回收	58
电池极片	金属	是	材料回收	67
外壳垫	硅胶	否	不回收	25
绝缘片	塑料	否	能量回收	21
屏支架	不锈钢	是	材料回收	54
LCD 内屏显示透明镜片	有机玻璃	是	材料回收	32
主板盖	塑料	否	能量回收	61

经过对个零部件的结构、参数和之间的联系，通过聚类

法对产品进行模块化处理，得到图 4:

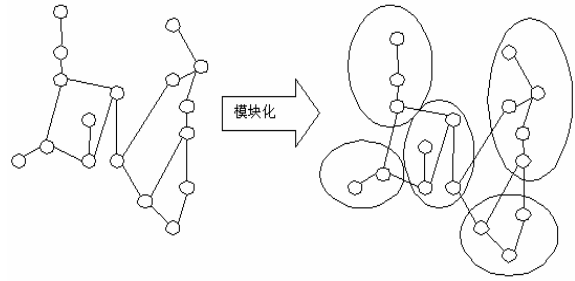
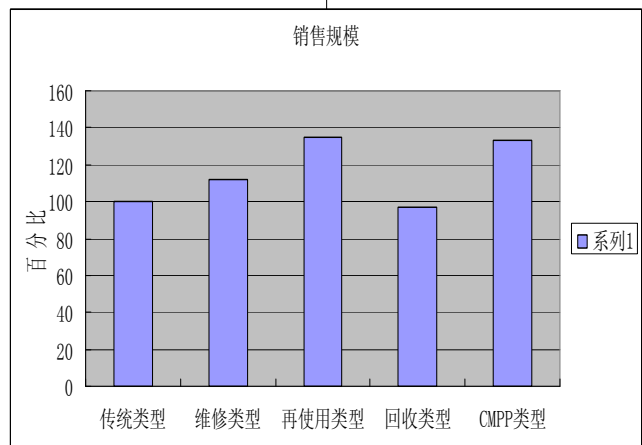
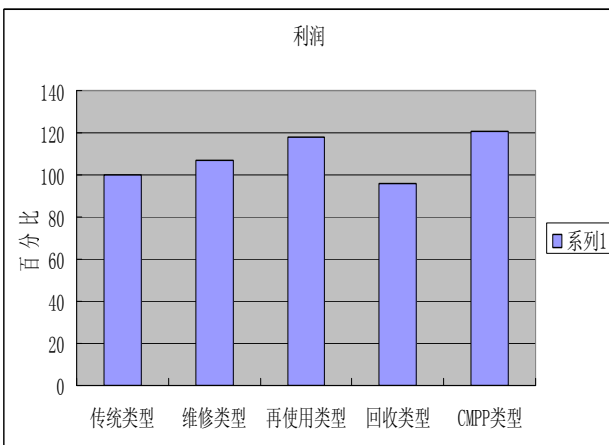
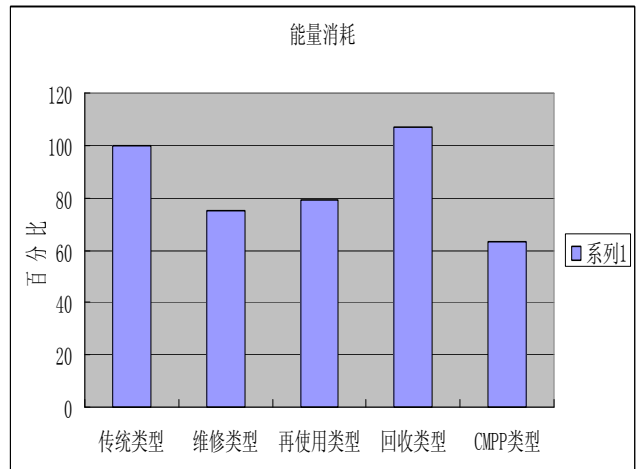
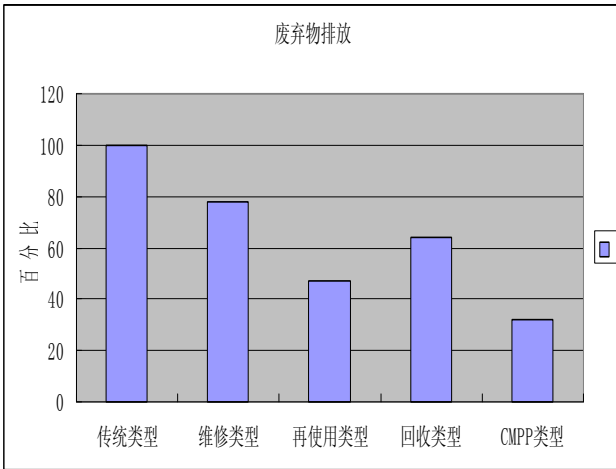


Fig4. Product modularity Diagram

图 4.产品模块化示意图

下图 5-8 是 LCA 仿真计算后得到的采用模块化设计后的综合大规模制造生产方式生产产品的对比功能结果:



5 结果及分析

从上述结果我们可以得到如下结论:

(1) 从废弃物的排放上看, 传统的产品生命周期设计方式排放量是最大的, 其他几种类型的排放量都相对较小, 其中再使用类型和 CMPP 类型排放量是最小的。这是因为再使用类型和 CMPP 类型都省去了维修和其他中间环节, 所以其废弃物的排放量较小。

(2) 从产品消耗的能量上看, 传统类型和回收类型要多于其他几种, 这是因为维修型、再使用型和 CMPP 型都延长了产品的使用寿命, 也就间接的降低了单位产品耗费的能量。

(3) 从利润收入上看, CMPP 型和再使用型要高于其余类型, 这是因为 CMPP 型和再使用型的产品使用寿命更长, 而且用在恢复产品性能的花费更小。

(4) 从销售规模上看, 由于 CMPP 型、再使用型和维修型都从不同程度上延长了产品的使用寿命, 因而更受消费者欢迎, 市场上的销量比较大。

把上述结果相比较我们可以看出, 无论是从废弃物的排放、对能源的消耗、最终利润还产品生命周期设计相比其他类型的生命周期设计方式都具有优越性, 它融合了其他几种生命周期设计的优点, 故而被认为是经济绿色的产品设计方式。

6 结论

本文首先提出了模块化的概念, 在此基础上提出

了一种新的产品生命周期设计方式--综合大规模制造产品设计方式 (CMPP)。通过和集中常见的产品生命周期设计相比较发现, CMPP 产品生命周期设计方式具有耗能少、轻污染、高利润等优点, 代表了未来产品设计的方向发展, 与可持续发展的理念相符生产企业可以考虑采用。

References (参考文献)

- [1] Yasushi Umeda, Shinichi Fukushige, Keita Tonoike, Shinsuke Kondoh. Product modularity for life cycle design. *Manufacturing Technology* (57), 13-16, 2008.
- [2] Yasushi Umeda, Akira Nonomura, Tetsuo Tomiyama. Study on life-cycle design for the post mass production paradigm. *artificial intelligence for engineering design, analysis and manufacturing* (14), 149-161. 2000.
- [3] Shinsuke Kondoh, Atsushi Shimabukuro, Yasushi Umeda. DEVELOPMENT OF MODULAR design method for inverse manufacturing(44).177-183.2005.
- [4] Marquez JJ, Rueda J, Chaves ML. design and Manufacturing of a modular Prototype Mold to be employed in Micro Injection Molding Experiments. *Third manufacturing engineering society international conference*, 353-360, 2009.
- [5] Tian GH, Duan F, Arai T, Modular Design of Home Service Robot System with Hierarchical Colored Petri Net, *intelligent autonomous systems*(9), 542-549, 2006.
- [6] Dumitru I, Fagarasan I, Iliescu SS, et al, modular Process Simulator with PLC, *proceedings of the 9th wseas international conference on simulation, modelling and optimization*, 391-394, 2009.