

# 当材料与加工工艺遇到用户体验

王谦益, Bert Vuylsteke, Nina Storms, Pieterjan Van der Borght

北京师范大学心理学部用户体验方向

Faculty of Engineering and Architecture, Ghent University

**摘要:** 本文基于比利时根特大学的真实课题项目, 阐述了基于材料与加工工艺导向的工业产品流程, 在产品流程中用户体验思维贯穿始终。通过灵活使用多种研究方法, 在用户全程参与的情形下, 在生产材料、加工工艺、装配关系与成本核算等方面, 本文给出了三种不同生产批量下的工业产品流程与方案。

**关键字:** 工业设计, 材料, 工艺, 用户体验

## 1 研究背景与目的

物化 (Materialization) 一直都是工业设计中的决定性因素。一个工业产品的材料选择直接影响到其产品功能, 生产方法, 成本, 生态影响以及最重要的, 使用者在感官和情绪上的使用体验。而材料的选择是一个非常复杂的研究过程, 它包含各种各样信息与知识, 它涉及到定义和执行测试与计算用以验证设计决策。当一件产品真正落地面向用户时, 这些选择与决定影响着设计师的设计有百分之多少真实的呈现给了用户。

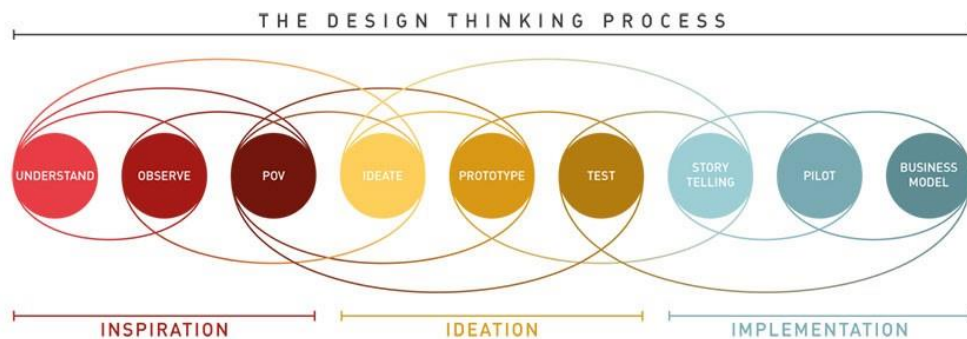
本研究基于北京师范大学与根特大学国际交流中的真实课题项目, 通过一项工业设计——针对设计师人群的工具夹设计, 来阐述材料与工艺的选择过程, 探讨其对于用户体验的影响。

## 2 研究过程

本研究在比利时进行，研究流程主要参考了设计思维流程步骤（The Design Thinking Process Steps）。

### 2.1 研究流程

本研究的研究流程如图一所示。第一阶段为灵感启发（Inspiration）阶段，在这一阶段我们通过用户同感、观察等方式理解并确定用户的行为习惯，得出设计触点。第二阶段为产品构思（Ideation）阶段，在这一阶段中我们制作产品原型，并不断的与用户沟通对其进行迭代更新。第三阶段为产品实施（Implementation）阶段，在这一阶段中我们重点考虑在不同的产品生产规模下，如何通过材料、工艺、装配与运输的差异化选择来实现成本控制，并保证产品质量与用户的使用体验。值得注意的是本研究的所有阶段都是迭代进行的。



图一 设计流程图

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 用户访谈

由于本研究中的三位作者就是工业设计工程专业的学生，所以他们已经知道大多数设计从业者的对与设计类工具架的普遍需求。但是拓宽设计视野也是设计过程中的重要部分，

所以我们招募了更多设计背景的用户进行访谈，希望得到更多的用户意见。我们设计了标准化的访谈大纲，在其中我们设置了一些开放性的问题用以获得更多定性的回答。



图二 用户访谈

### 2.2.2 头脑风暴

用户访谈后，结合获取的用户信息我们进行了头脑风暴，并得出了一些设计应该包含的功能点：

**Deadline 时间表：**绝大多数的设计师访谈对象都表示他们在同一时间内会有多项任务需要完成，而这些任务的截止日期并不相同，有时会造成混乱；

**工具收纳：**很多设计师用户都表示他们会随身携带很多纸张，其中会记录笔记或者画有草图，有时他们会找不到自己需要的那张纸。

**使设计思路更流畅：**设计师用户们表示他们需要更大的或者更系统化的思维整理工具来帮助他们整合设计灵感与思路。

### 2.2.3 原型制作

基于头脑风暴得出的设计功能点，我们绘制了很多设计草图。经过草图的不断整合与迭代，我们根据草图进行了原型制作。

原型满足了之前得出的所有设计功能点，但在其他一些设计原则上有待完善。比如通过良好的设计来降低用户的误操作的可能性。



图三 初代原型



图四 初代原型试用

#### 2.2.4 用户测试

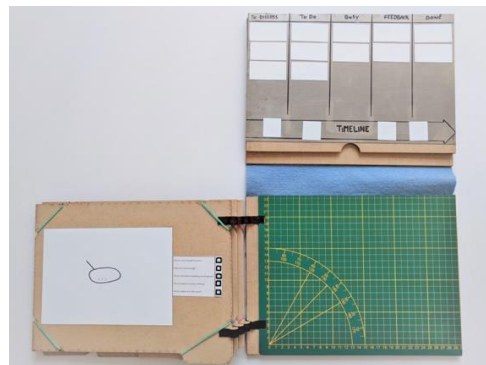
我们将制作的原型交与用户使用。我们会给予用户一些任务，并观察他们的使用行为，在用户对原型的使用情况与我们的设想不同时，或者用户对于完成任务出现困难时，我们会记录并询问其想法与原因。在用户完成任务后我们会询问他们对于原型的使用意见，并基于他们的反馈对原型进行改进。

#### 2.2.5 设计迭代

在不断与用户的沟通过程中，我们对原型的功能点与设计细节进行了数次迭代，并产出了高保真原型。



图五 高保真原型



图六 高保真原型展开结构

高保真原型在使用材料与加工工艺上都尽可能的还原工业产品生产，并对其进行了两轮用户测试。



图七 激光切割加工工艺

### 2.2.6 材料与工艺研究

在设计的过程中，材料、生产工艺的选择与结构设计的选择是并行进行的。在设计结构的定型过程中要充分考虑其从材料与加工工艺角度的可实现性与加工成本。由于工业生产中，不同批量的产品生产线需要对应不同的生产材料与加工工艺，以控制生产加工成本。本研究将生产批量情况分为：DIY/fablab 用户根据设计图纸自行制造；小中批量生产；大批量生产（本研究中考考虑 DIY/fablab 生产情况的原因在于很多设计师用户表示了其按照设计图纸自行制造产品的意愿）。本文需要考虑在这三种生产情形下对材料与生产工艺的选择，这些都在不断的设计迭代中完成。

在选择过程中，我们对每一种研究的材料、加工工艺与材料装配制作了如表 1 的选择表格，其中我们使用不同颜色来表示相关性：**绿色单元格** 表示这是我们需要；白色单元格表示不是特别期望；**红色单元格** 表示这是不受欢迎的。通过这些选择表格我们确定了在三种生产情况中材料选择、工艺选择与装配方式，并根据这些选择对产品在三中生产情况中进行了差异化设计。

表 1 材料选择表格

| Whiteboard            | Price (€/kg) | Density (kg/m <sup>3</sup> ) | Young's modulus (GPa) | Tensile strength (MPa) | Fracture toughness (MPa.m <sup>0.5</sup> ) | Punching (ordinal)           |
|-----------------------|--------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|--|------------------------------|
| Melamine sheet        | ± 1.76       | ± 1800                       | ± 13.75               | ± 53.45                | ± 4.315                                    | ++                           |
| PP plate              | ± 1.78       | ± 967                        | ± 1.87                | ± 26                   | ± 1.64                                     | --                           |
| Soda lime glass plate | ± 1.38       | ± 2465                       | ± 70                  | ± 32.6                 | ± 0.65                                     | --                           |
| PET plate             | ± 1.88       | ± 1660                       | ± 12.9                | ± 137.75               | ± 4.95                                     | -   <input type="checkbox"/> |

### 3 研究设计

基于之前的研究方法，我们完成了研究设计。我们将我们的工具定义为在设计师设计过程中提供友好支持的工具夹。我们产出了设计报告册、设计原型、2D 模型、3D 模型、设计制作指导文档以及设计全流程记录博客。

#### 3.1 设计点阐述

下面将列出设计的具体功能点与设计细节，以便更加清楚的描述我们设计工具。

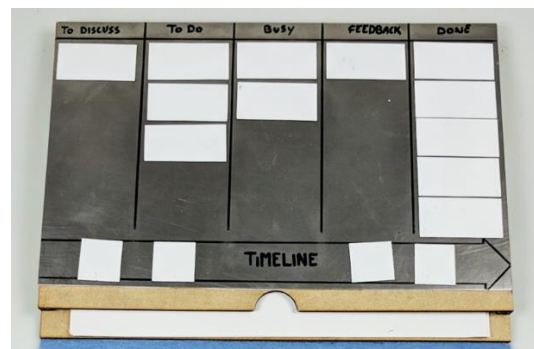
**身份识别:** 我们的设计夹在封面上有一个透明的的所料袋, 里面可以放入用户的个人名片, 可以包含用户名称、项目名称、电话号码、地址等。该设计同时可以帮助用户识别工具的正确开阖方向。

**计划与管理:** 对于设计师来说, 时间管理对整个设计过程的是极其重要的。因此, 我们的工具为设计师提供了一个规划和管理空间, 其可以在整个设计过程中访问。

**纸存库:** 在计划与管理模块的空间后, 可以存储空白的 A4 纸。



图八 身份识别



图九 计划与管理

相位板：相位板可以在设计师工作时给予支持，其可拆卸的设计与正反两面均可储存与展示工作成果的设计使其拥有了极大的使用自由度。



图十 相位板

切割垫：设计工具后盖的内侧是一个切割垫，允许设计师快速制作普通尺寸的纸/纸板原型。

### 3.2 材料与工艺选择

通过 Ashby 模型、CES、网络查询、材料与工艺选择表等不同方法的综合考虑，我们最终确定了三种生产流程的材料与生产工艺的选择。其中 DIY/fablab 生产如表 2 所示，小中批量生产如表 3 所示，大批量生产如表 4 所示。表左为产品部件，中间为材料选择，表右为生产工艺选择。对于 DIY/fablab 生产，我们产出了自行制作指导说明文档。

<https://www.instructables.com/id/Your-Design-a-Designer-Tool/>

表 2 DIY/fablab 生产情形

| Component       | Material                             | Production process'     |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Plates          | MDF                                  | Laser cutting           |
| Whiteboard      | Melamine sheet + ferromagnetic sheet | Cutter knife            |
| Ferrous surface | Steel sheet                          | Cropping / guillotining |
| Outer cover     | Felt                                 | Cutter knife            |

表 3 小中批量生产情形

| Component        | Material                                    | Production process'            |
|------------------|---|--------------------------------|
| Plates           | Organic resin bonded particle board (ORBPB) | CNC milling                    |
| Whiteboard       | Melamine sheet + ferromagnetic sheet        | Punching                       |
| Ferrous surface  | Magnetic paint + wood primer                | Organic solvent-based painting |
| Outer cover      | Felt  | Punching                       |
| Phase organizers | PP  | Polymer extrusion              |

表 4 大批量生产情形

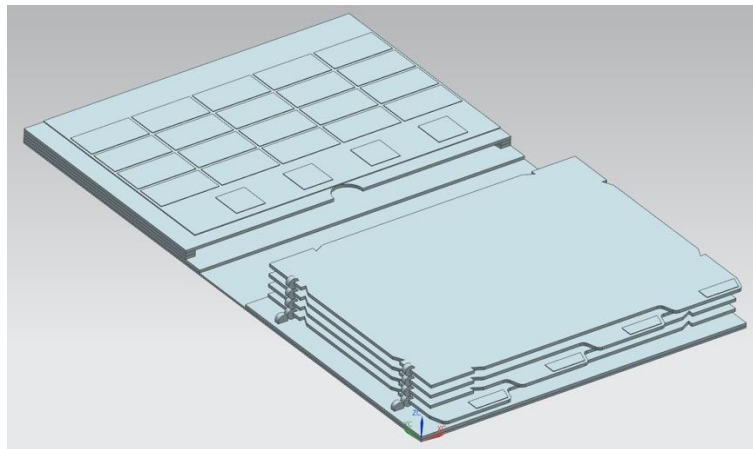
| Component        | Material                                    | Production process'   |
|------------------|---|---|
| Plates           | Organic resin bonded particle board (ORBPB) | CNC milling   |
| Whiteboard       | Melamine sheet + ferromagnetic sheet        | Punching  |
| Ferrous surface  | Steel sheet 1 mm                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Punching</li> <li>• Press forming</li> <li>• Stapling - metal</li> </ul> |
| Outer cover      | Felt  | Punching  |
| Phase organizers | PP  | Injection molding   |
| Magnet holders   | PP  | Injection molding   |

### 3.3 差异化设计

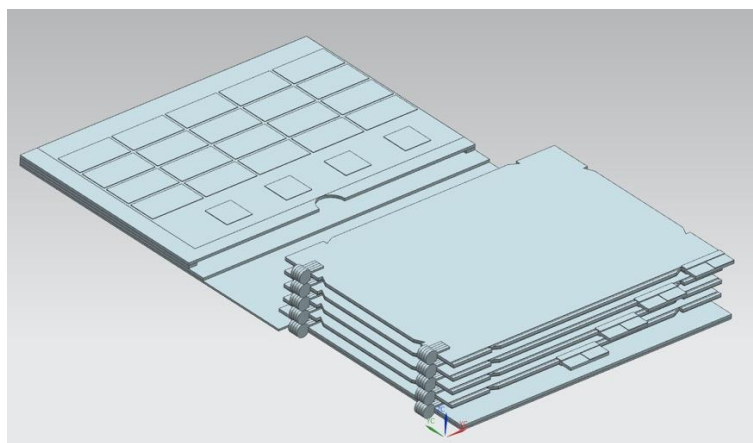
由于在不同的生产情形下材料与工艺的选择不同，这些差异体现在了三中生产情形中的细节设计中。DIY/fablab 生产情形的设计如图十一，相位板采用一体化造型，材料加工过程中大量选择激光切割的工艺。小中批量生产情形的设计如图十二所示，相位板的主体部分考虑统一加工生产，侧边的磁铁配件与下方的板面标识配件在后续装配中完成。大批量生产情形的设计如图十三所示，在更大批量的生产前提下，为降低装配成本，相位板的



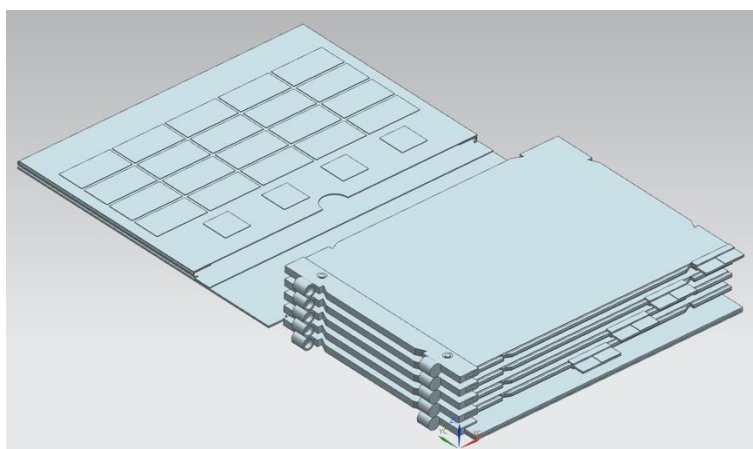
侧边磁铁部分选择整体浇注方式，并且计划与管理部分的制作选择钣金切割冲压组装的方式完成。



图十一 DIY/fablab 3D 模型



图十二 小中批量情形 3D 模型



图十三 大批量情形 3D 模型

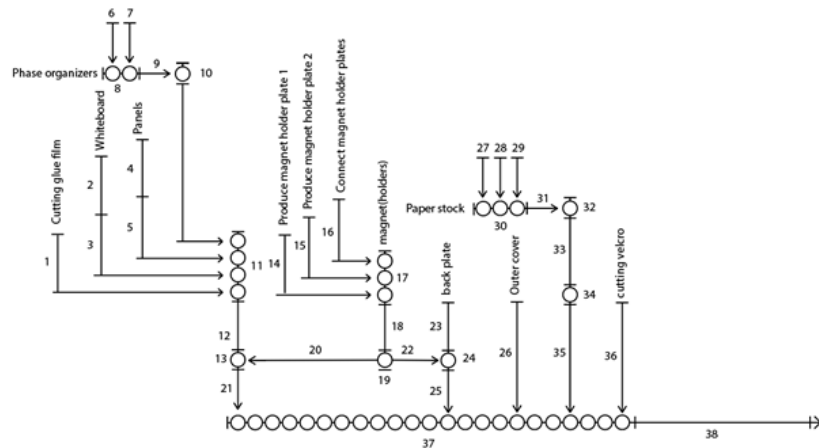
### 3.4 装配过程与部件转运

在完成整体与零部件的造型设计后，我们对其装配的顺序与方法进行设计，分别对三  
中生产情形下的装配过程中的每一个步骤制作了如表 5 的装配选择表。

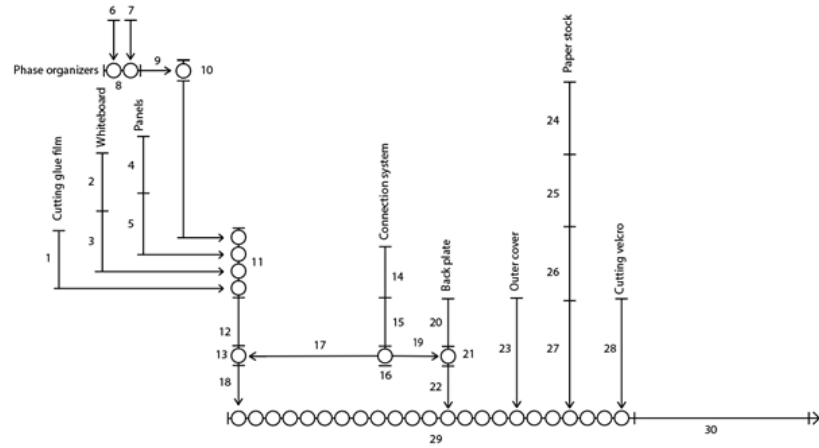
表 5 装配选择表

| Outer cover / Back plate | Duration                        | Assembly cost | Use in the Production process | Positive aspect | Feasibility |
|--------------------------|---------------------------------|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------|
| Glue                     | Long (drying or hardening time) | Medium        | Medium                        | Light weight    | +           |
| Glue Film                | Average                         | Medium        | Simple                        | Light weight    | ++          |
| Stitching                | Average                         | Medium        | Medium                        | Light weight    | + -         |

在确认了装配顺序与方法后，我们得出了装配关系图。小中批量生产情形的装配关系如图十四所示，大批量生产情形的装配关系如图十五所示。其中可以明显发现大批量生产的装配关系更简单。

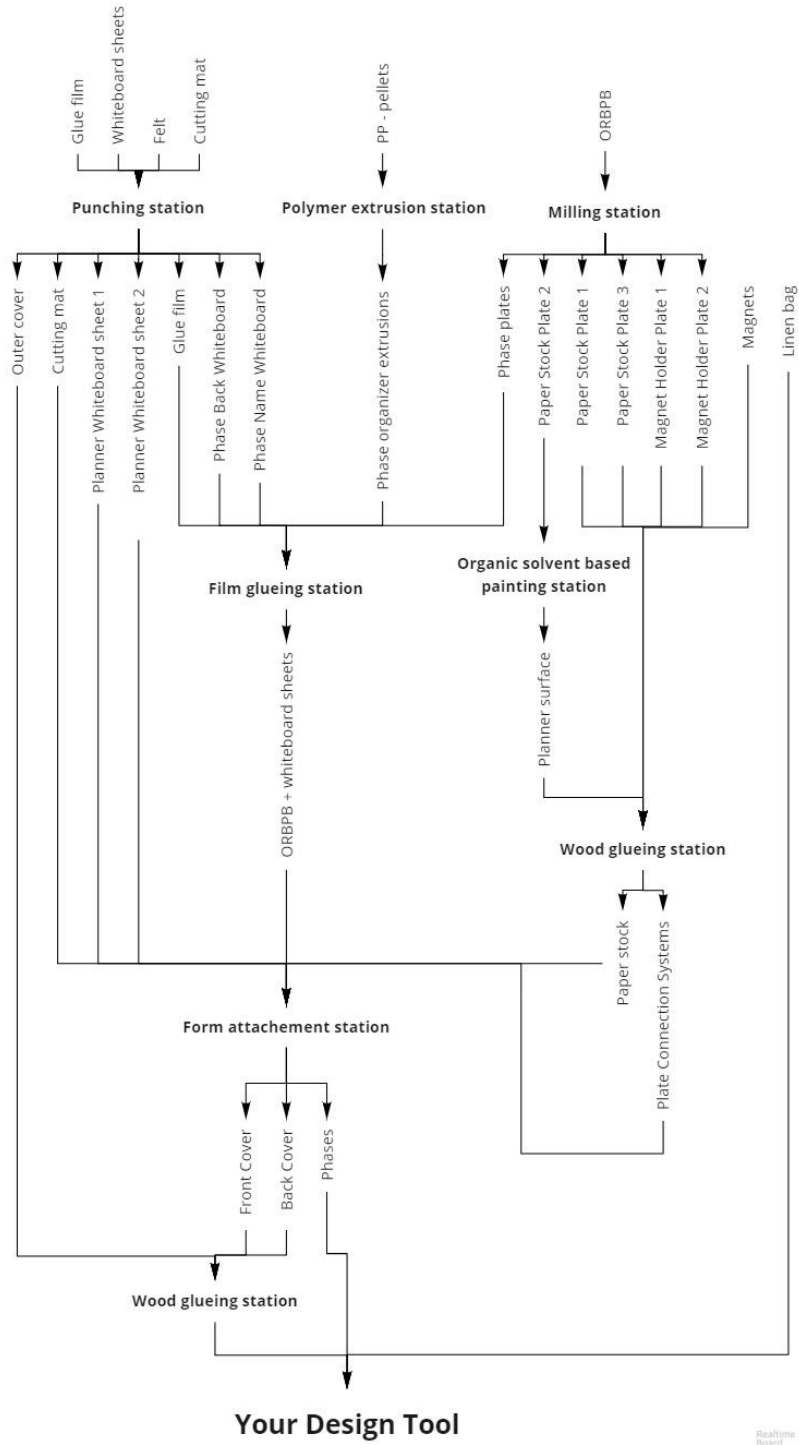


图十四 小中批量情形装配关系图

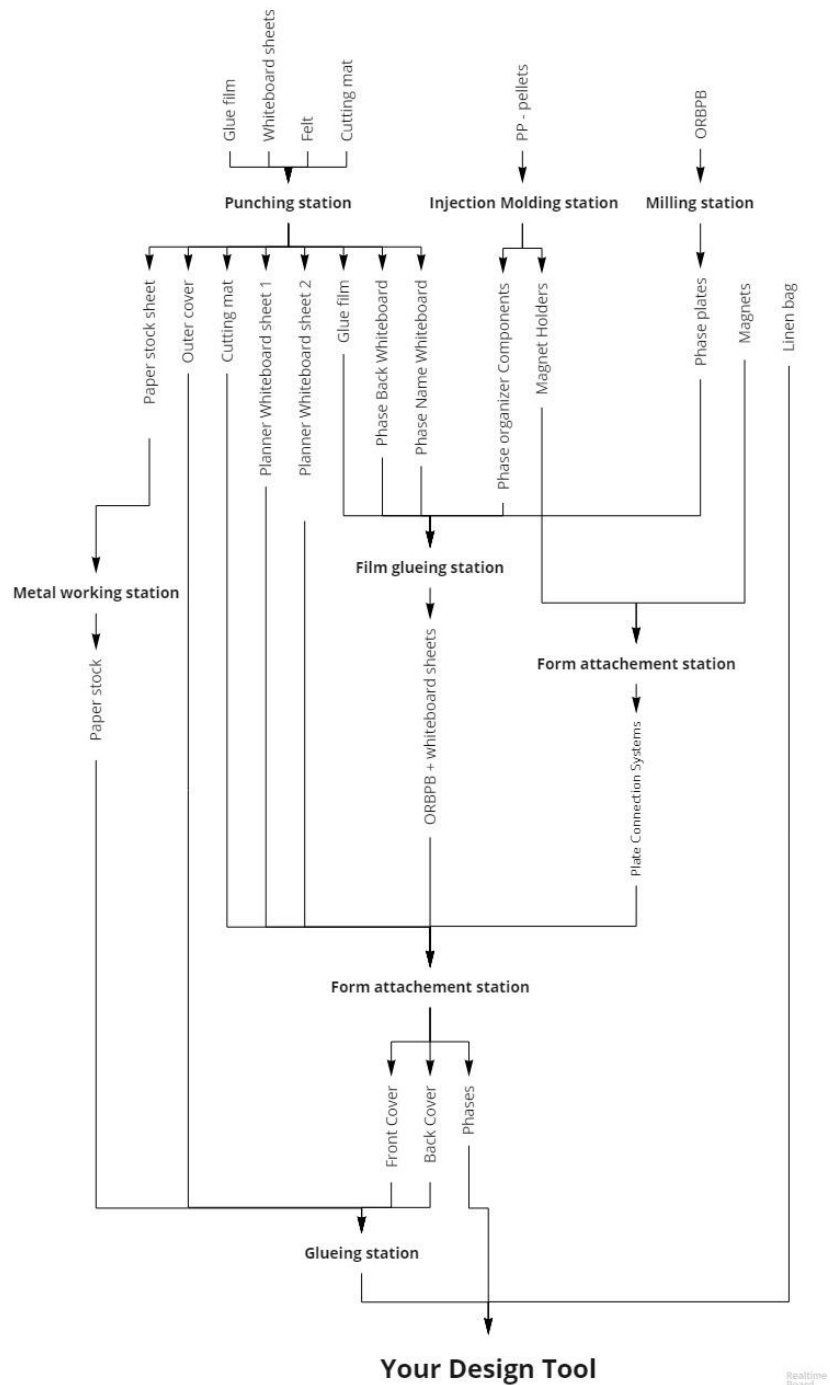


图十五 大批量情形装配关系图

在确认组装关系后，生产原材料与部件需要在生产步骤之间从一个工作站传送到另一个工作站，我们需要考虑其转运关系。图十六显示了小中批量生产情形的部件转运方案，图十七显示了大批量生产情形的部件转运方案。两种生产情形中均可以发现所有的内部转运都是固定路线，因此我们决定使用传送带作为部件转运方式。



图十六 小中批量情形部件转运关系图

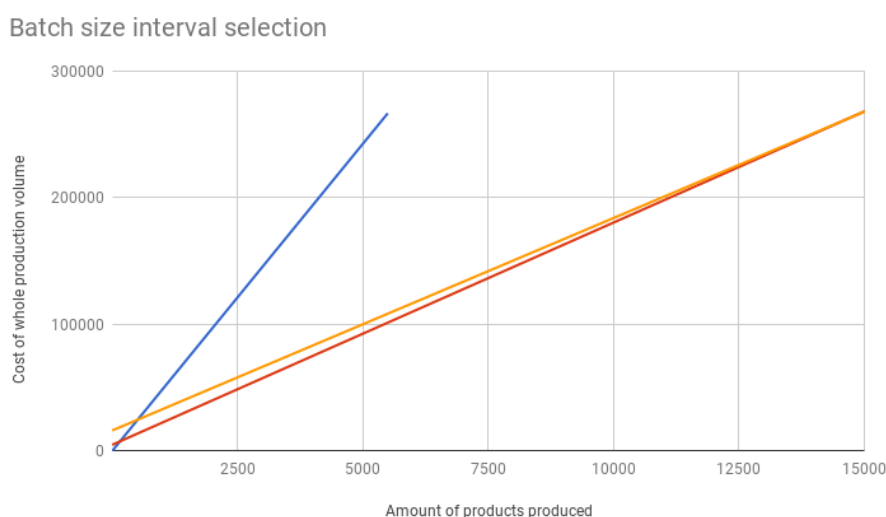


图十七 大批量情形部件转运关系图

### 3.5 成本计算

在成本计算方面，对于三种生产情形，我们制作了三张动态电子成本核算表，这个成本核算表由 5 部分组成：材料成本、机器成本、人工成本、装配成本和直接固定成本（Direct fixed cost）。在这张表格中，我们通过查询与推算确定了每一种材料的供货价格、机器的价

格与使用损耗率、比利时工人人工平均每小时工资、装配时间成本以及水电场地等其他成本的核算，将这些全部求和就可以得出生产成本。通过这个表格可以发现，随着生产数量的变化，三种生产情形的变化趋势表现不同，如图十八所示，其中蓝色为 DIY/fablab 生产情形，红色为小中批量生产情形，黄色为大批量生产情形。通过对两个相交点我们可以确定不同批量情形设计的适用范围。当生产批量为 160 以内时，DIY/fablab 生产情形的产品成本为 48.62 欧元，当生产批量为 160-14677 时，小中批量生产情形的产品成本在 17.88 欧元到 48.62 欧元之间，当生产批量大于 14677 时，生产成本小于 17.88 欧元。



图十八 批量大小对比选择

## 4 生态环境影响的考量

在设计以上三种产品生产情形的过程中，我们非常认真的考虑了不同的选材与不同的生产工艺对生态环境可能造成的影响。在选材的过程中我们尽可能的选择了环境友好的材料，它们更容易回收再利用。同时我们尽可能的使我们的设计可以经久耐用，降低废弃产品可能对环境的造成的影响。

## 参考文献

- [1] Koen Faes, Wim De Waele, Labo Soete, (2012). Mechanische Verbindingstechnieken. Niet-Thermische Verbindingstechnieken Bieden Ongekende Mogelijkheden
- [2] Christopher Robeller, Paul Mayencourt, Yves Weinand, (2014). Snap-Fit Joints. CNC-Fabricated, Integrated Mechanical Attachment For Structural Wood Panels
- [3] Vereniging FME-CWM/januari (2008). Lijmen Algemeen
- [4] Karana, Elvin, Owain Pedgley, and Valentina Rognoli, eds. (2013). Materials Experience: fundamentals of materials and design. Butterworth-Heinemann
- [5] Thompson, Rob. (2007). Manufacturing processes for design professionals. Thames & Hudson
- [6] Barbero, Ever J. (2010). Introduction to composite materials design. CRC press