

Tseng, H. H., Lai, F. S., Peng, Tonson., 'Integration of CAD/CAM/CAE in mold design and manufacturing' , in 52nd Annual Technical Conf. ANTEC Part 1, 6–9 June 1994, pp. 1100–1103.

CAD/CAM/CAE 的一贯化整合作业如何运用在新产品开发的模具设计与制造

一、目的：

运用 CAE/CAD/CAM 联结的一贯化作业，以达成：

1. 缩短新产品开发的交期
2. 维持在 CAE/CAD/CAM 转换时产品的原始几何特征
3. 降低摸索和失误的成本

二、沿革：

1992 年 Pro/E 这套 CAD 系统被引进到台湾模具业：

1. 由当时台湾 Key mold 公司的执行副总彭镜齐 Tonson Peng 首先率先将 Pro/E 使用在模具设计的工作上，为当年大中华地区包括中国大陆地区、台湾地区、香港地区、澳门地区第一位使用 3D 和 Pro/E 做为模具设计的创始人，同时 Tonson 彭就已经开始推动这个理念和作法了。
2. 当 Tonson 彭在台湾推行了二年已有足够的成功经验和成绩之后，于 1994 年联合美国麻省 (Massachusetts 州) 州立大学塑胶系主任 Frank Lai 赖教授共同完成了关于的一篇 CAE/CAD/CAM 的一贯化整合作业的重要论文，并由赖教授在 SPE 美国塑胶工程师协会在美国旧金山 (San Francisco) 的 1994 年会中发表出来，因而此篇论文即被编入 SPE 当时的期刊中。

三、原因：

当年的状态：

1. 新产品开发的品质、成本、和交期常取决于模具的设计和制的，而瓶颈又常发生在 CNC 加工这一段工序。因此，如何能将该工序提前进行和缩短时程，即为所努力的目标。
2. 当时一般模具厂的作法是，用 2D 的 AutoCAD 软件来设计模具和模仁，之后 CAM 的编程人员必须使用自己的 3D 的 CAM 软件参考 2D 的模仁设计图来重新建立 3D 的模仁图 Model，接下来才能进行刀具路径的程式编辑。结果是经常会造成与产品和 2D 模仁图的几何特征不一致，导致最终做出来的产品与原始的设计几何形状不同。

四、步骤：

1. CNC 加工者通常都在等待 CNC 编程，而所谓的 CNC 编程即建 3D 模型 Model 加刀具路径，

其所占的时间比约是建 3D Model 占 70%，刀具路径占 30%。因此，若想改善的第一步就是要降低甚至根本去除模具厂编程人员花在那 70%重新建构 3D Model 的工作和时间。

2. 产品开发人员尽可能的完成产品多余的圆柱 Boss 和肋片 Rib 等特征清除的动作，因为这动作在 Pro/E 软件上处理是举手之劳轻而易举的，但是转到其他 CAM 软件系统上做却是耗时费力和事倍功半的。
3. 产品开发或模具设计人员，要尽可能的在 Pro/E 上完成模仁分割的工作。

五、各种可能方案之列表说明：

A 方案：过去传统的作法，目前已逐渐不被使用

B 方案：半一贯化之 CAE/CAD/CAM，目前已被台湾的部分模具厂采用中。

C 方案：半一贯化之 CAE/CAD/CAM，目前已被台湾的部分模具厂采用中。

D 方案：全一贯化之连线作业

A 方案：

工序	执行单位	工作内容	使用软件
=====			
1.	客户或设计单位	-----客户提供 3D CAD 档	-----Pro/E 或其他软件
2.	客户或设计单位	-----转成 2D Auto CAD 图档	-----Auto CAD 软件
3.	产品开发单位或模具厂	---进行模具设计 2D 图	-----Auto CAD 软件
4.	模具厂的 CAM 编程师	---用 2D 线架构来建立 3D 线架构模型 Model	---各种 CAM 软件
5.	模具厂的 CAM 编程师	---用 3D 线架构来建立 3D 面架构模型 Model	---各种 CAM 软件
6.	模具厂的 CAM 编程师	---在 3D 面架构上模拟刀具路径	-----各种 CAM 软件
7.	模具厂的加工人员	-----进行 CNC 加工	

问题点：

1. 当产品的 3D 造型曲面从 3D CAD 转成 2D 的图档时，因 2D 本身的层次之不足，对于原本尤其是复杂的 3D 几何特征的描述，通常是不完整的。
2. CNC 的加工刀具路径是需要 3D 的面架构上进行的，因此当模具厂的 CAM 编程人员必须用以上不完整的描述的 2D 线架构 Model 去建立 3D 线架构和面架构时，将会产生以下两个问题：
 - 2-1. 建构时因 2D 的描述不完整，因此对几何的定义在很多地方都必须藉由 CAM 编程人员个人的想像力来完成，其结果通常都与客户的原产品设计有出入，常造成争议。
 - 2-2. 重新建构 3D 模型 Model 耗时费力，直接影响模具及产品开发的进度。

B 方案：

工序	执行单位	工作内容	使用软件
=====			
1.	客户或设计单位	-----客户提供 Pro/E 3D CAD 档	-----Pro/E 软件
2.	产品开发单位或模具厂	---用 Pro/E 进行模具设计 3D 图	-----Pro/E 软件
3.	产品开发单位或模具厂	---将各个模仁分别转出 IGES 面架构	-----Pro/E 软件
4.	模具厂的 CAM 编程师	---用 IGES 面架构转入其他 CAM 软件系统	-----各种 CAM 软件
5.	模具厂的 CAM 编程师	---以其 CAM 软件去修补面架构上的破洞	-----各种 CAM 软件
6.	模具厂的 CAM 编程师	---在 3D 面架构上模拟刀具路径	-----各种 CAM 软件
7.	模具厂的加工人员	-----进行 CNC 加工	

问题点：

1. 用 Pro/E 做 3D 模具设计固然很好，可是当各个模仁转 IGES 面架构去到其他 CAM 时，面架构 Model 上经常会有很多因圆柱 Boss 和肋片 Rib 而产生的破洞。
2. CAM 编程人员需花费很多技巧和时间去修补那些面架构上的破洞，才得以进行下一步的模拟刀具路径，但至少不会对产品原本的几何特征有任何的改变。

C 方案：

工序	执行单位	工作内容	使用软件
=====			
1.	客户或设计单位	-----客户提供 Pro/E 3D CAD 档	-----Pro/E 软件
2.	产品开发单位或模具厂	---将 Pro/E 转出 IGES 面架构	-----Pro/E 软件
3.	模具厂的 CAM 编程师	---将 IGES 面架构转入其他 CAM 软件系统	-----各种 CAM 软件
4.	模具厂的 CAM 编程师	---从面架构中挑出公母模仁等	-----各种 CAM 软件
5.	模具厂的 CAM 编程师	---以其 CAM 软件去修补面架构上的破洞	-----各种 CAM 软件
6.	模具厂的 CAM 编程师	---在 3D 面架构上模拟刀具路径	-----各种 CAM 软件
7.	模具厂的加工人员	-----进行 CNC 加工	

问题点：

1. CAM 的编程人员接收到所转来的 IGES 面架构后，需花很多的技巧和时间去做修补面破洞的工作。
2. CAM 的编程人员并不见得懂模具，可是却必须在其 CAM 软件上挑出公母模仁等分别所属的面，不但困难且极易出错，但至少不会对产品原本的几何特征有任何的改变。

D 方案：

工序	执行单位	工作内容	使用软件
=====			
1.	客户或设计单位	客户提供 3D CAD 档	Pro/E 软件
2.	产品开发单位或模具厂	在 Pro/E 上做产品特征清除的工作	Pro/E 软件
3.	产品开发单位或模具厂	清除后在 Pro/E 上做公母模仁等之分割	Pro/E 软件
4.	产品开发单位或模具厂	将各模仁分别转出 IGES 面架构	Pro/E 软件
5.	模具厂的 CAM 编程师	用 IGES 面架构转入其他 CAM 软件系统	各种 CAM 软件
6.	模具厂的 CAM 编程师	在 3D 面架构上模拟刀具路径	各种 CAM 软件
7.	模具厂的加工人员	进行 CNC 加工	

说明：

1. 所谓“产品清除”，是指在 Pro/E 3D Model 模型上，把与 CNC 加工无关的物件，如圆柱 Boss、肋片 Rib、卡钩 Hook 等，这些产品特征在 Pro/E 软件上处理起来是很容易的，同时档案又能因此而减小很多，是一举两得之举。
2. 此方案虽会稍微增加了一小部分的设计者的工作，但是后段的 CAM 和 CNC 加工的时程和投入，却会大幅度的缩减，尤其是能确保产品的形状和几何特征不变。

六、结论：

1. 档案转换的可行性与困难障碍的排除，其实在模具业界已经过了多年的验证，所以到今天为止，世界上各地区包括台湾所使用中的各种不同的软件，不论是 CAD 或是 CAM，彼此之间互相来往的档案转换都已经没有任何的困难了。
2. CAE/CAD/CAM 的一贯化作业，在被推行了这么多年之后的今天，已经不是高难度或高深的技术了，而是企业主管人员愿不愿意去改变和执行的问题了。
3. 从以上四种方案的对比和说明，事实上许多公司内部已实行了半一贯化的作业多年了，已属难能可贵了。
4. 但是，如果有更好更彻底的全一贯化作业如以上之 D 方案，则大家何不朝这个方向来努力，则在核心竞争力上必定能“更上一层楼”。