

产品开发过程重构与实践

重庆大学 徐晓刚 刘 伟 陈亚华 周 强

摘要: 并行产品开发方法有助于缩短产品的开发时间和提高设计质量。并行产品开发的实施方法即将产品开发的过程由传统的串行过程变成市场活动、设计活动和制造活动都参与到从概念开发到投产的各项活动中去,从而实现产品开发并行进行。用设计关系矩阵(DSM)产品开发过程建模的方法,可清晰地体现产品的设计结构,并从信息依赖的角度对产品开发活动进行集群分组,从而形成有效的开发团队。实践证明,DSM 技术应用于新产品开发过程中,可加快产品开发进程。

Abstract: The parallel product developing method is beneficial to shorten the product developing time and improve the design quality. The implementing method in parallel product developing is that change the traditional series process in product developing process to the market activity, design activity and manufacturing activity including all activities from concept developing to product production, so, the product developing engineering can be realized in parallel. The design relationship matrix (DSM) technology can be used in the product developing process, it can present clearly the product design structure and speed up the product developing progress.

主题词: 产品 开发 过程 并行处理

Topic words: Product, Developing, Process, Parallel treatment

1 前言

随着产品创新周期的缩短和全球化市场的逐渐形成,制造业正在面临着不断变化、甚至不可预测的市场的巨大挑战。只有快速响应市场需求,提供满足用户个性需求的产品才能在激烈的市场竞争中获胜。产品快速开发能力在很大程度上决定了企业的竞争能力。产品快速开发能力不仅是产品的快速设计能力和快速响应市场需求的产品定义能力,同时也包含相应的过程管理能力。过程管理能力集中体现为产品的快速开发方法和管理策略。采用先进的管理方法可以使产品成功的可能性大大提高,其原因在于这种管理方法在花费相对较少的产品开发前期即进行了周密的准备工作。进行产品开发活动的设计管理研究对实现产品的快速开发有着重要的意义。

2 产品开发中的并行活动

产品开发活动是指产品从概念开发到产品销售的一系列活动。一般来说,常规的产品开发由概念开发、总体设计、详细设计、测试与改进和投产等5个阶段组成。传统的产品开发过程是一个从概念设计到生产制造的串行过程。它要求各个阶段都要对产品进行明确的定义,前一阶段的成果作为下一个阶段的工作基础。这种开发过程一旦在串行过程的

下游发生问题需要修改,整个流程就要重新进行一次。传统的产品开发往往造成产品开发过程的反复,使产品开发周期变长,成本增加。如果改变这种串行的流程,减少大循环、增加小循环,可以使产品开发的过程变成一个并行的过程,在设计时就考虑到下游工作中可能出现的问题。并行过程可以减少反复,缩短开发时间。表1为产品开发并行过程。从表1中可以看出,市场活动、设计活动、制造活动都参与了从概念开发到投产的各项活动,从而实现了产品开发的并行进行。

实施并行工程一般要在信息集成的基础上进行,对开发的过程进行重组、集成和优化。小型工程可采用小组化方法,即将产品生命周期中各相关功能领域,代表各领域的知识和职责的技术人员组成多功能小组,通过协同工作完成产品和相关过程的设计。由于涉及成百上千项任务的大型复杂项目,参加者来源于不同的领域,要求每个人都有能力完全明白所需要的活动、各部门的职责以及依赖的信息则是困难的,所以必须采用相应的科学的管理方法。

设计关系矩阵 DSM (design structure matrix) 从系统的观念对复杂的产品开发过程和影响开发周期活动之间的关系提供了简明的表述,并提供了分析和描述开发过程的手段,从而减少了开发时间风险。它从模型上说明了活动的并行与迭代。在大型

复杂项目中应用 DSM 可以有助于认清设计中的结构, 从而找到较好的解决办法。

表 1 产品开发中的并行过程

项 目	概念开发	总体设计	详细设计	测试与改进	投 产
市场活动	确定细分市场 辨认主要用户 明确竞争产品	拟定产品及系列产品的开发计划	制订采购及销售计划 协助进行产品测试	拟定原材料采购方案 协助进行产品测试	第一批产品供应给核心用户
设计活动	提出可行的产品概念 开发产品概念 建立概念原型并测试	确定产品的结构体系 确定产品的主要子系统 改进工业设计	确定部件的几何尺寸 选择原材料 确定公差 完成工业设计控制文档	进行可靠性、生命周期和性能测试, 获取参数改进值 改进设计	确定早期产量
制造活动	预测产品的制造成本 评估生产的可行性	确定产品的结构体系 确定产品的主要子系统 改进工业设计	确定零件的加工过程 设计生产设备 设计质量保证体系 制造主要的生产设备	协助供应商生产部件 改进生产和装配工艺 培训工人改进质量保证体系	全面启动生产系统
其它活动	财务: 协助进行经济分析 法律: 调查专利情况	财务: 协助进行自制、外购分析 服务: 拟定产品服务计划		销售: 修订销售计划	

3 建立设计活动信息模型

在设计开发活动过程中, 存在 4 种信息依赖关系, 即独立任务、依赖任务、交互任务和输入任务之间的关系。独立任务指不需要从其它信息中获取输入信息即可完成任务; 依赖任务则需要从其它任务处(不含自身)获取输入信息才能完成; 交互任务也需从其它任务处(含自身)获取输入信息; 而输入任务是指不向其它任务输出任何信息的任务。根据这 4 种信息流, 可以用来设计结构矩阵表现开发活动。

设计结构矩阵是一个具有 m 行, m 列的二元的

方阵(矩阵中的元素仅为 0 或 1)。矩阵的布置是, 系统的元素均以相同顺序放在矩阵的最左边和最上边, 如果元素 i 和元素 j 之间存在联系, 则矩阵中的 ij (i 行 j 列) 元素为 1 (或由记号 X 表示); 否则为 0 (或为空格)。在由二元 (0 或 1) 表示的矩阵中, 对角线上的元素一般不描述系统, 用空格表示。二元矩阵有助于系统的建模, 因为它能表示一对系统元素间的关系存在与否。与图形表示相比, 它对整个系统元素提供整体的紧凑描绘, 并为各项活动的需求, 活动的顺序决策及活动迭代的控制提供了有力的方法。图 1 为表示一个系统的 3 种结构。

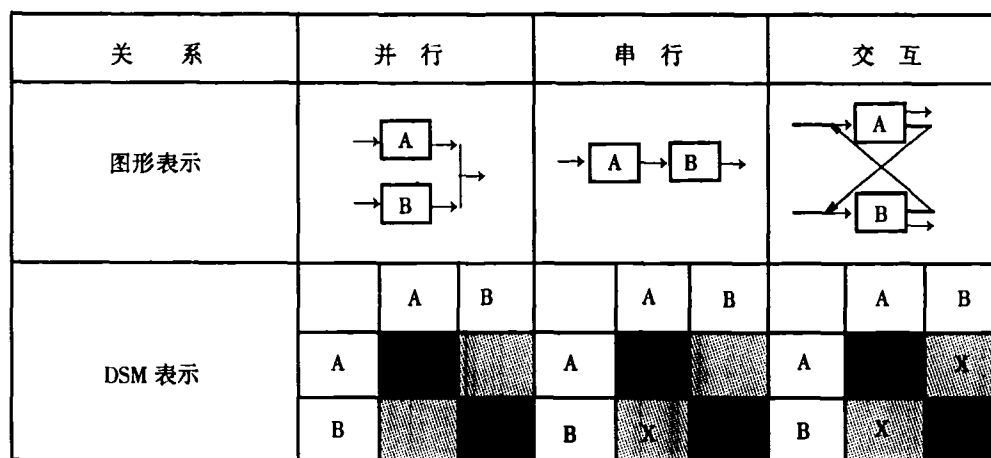


图 1 表示一个系统的 3 种结构

DSM 矩阵包含组成项目的各项活动及其各活动间信息交换的方式, 即开始某项活动时需要哪些信息

和由一个活动产生的信息又将提供给哪些活动。从某一行上可以展现作为该活动输入信息的活动，就是X处对应的列所表示的活动；从某一列上可以看出该活动的输出信息由哪些活动（即X处对应的行所表示的活动）吸收。在对角线下方的X表示信息的前馈，而对角线上方表示的是反馈信息，即信息是从由后进行的活动（下游活动）向前进行的活动（上游活动）的流动。这意味着前期活动不得不依据新的信息而重作。

4 重构开发设计过程

以前，长安汽车集团公司从事汽车产品开发，只有用图表表示的产品开发进度计划，类似于这里的甘特图形式。这种图表虽然可以展示产品开发的进度和

时间，但却不能清晰地展示产品开发各个活动（或工序）之间的关系，从而，一方面导致个别部门之间职责不明确、降低了效率，对整个产品开发过程缺乏有效的协调和控制；另一方面对整个产品开发过程设置的评审过程也过多，增加了不必要的重复活动，也导致了效率的降低。最终结果是增加了产品开发的时间和成本。

在这种情况下，根据长安汽车集团公司的实际情况建立了某个新产品设计开发的DSM模型和算法。依据对该新型汽车总体功能模块划分并结合产品开发过程将产品开发的第二级的任务化分为23项子任务。通过收集专家的意见，根据任务间的信息依赖关系建立设计结构矩阵，可对整个开发过程有一个较好的了解。图2为原始DSM矩阵。

项 目	代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
整车方案及策划书	1	1																						
整车方案评审准备及评审	2		2																					
样车分解	3		●	3																				
整车名细初步提出	4	●			4																			
配套选点	5	●			●	5																		
零部件设计及专用样件试制	6		●				6																	
CAE 计算	7							7																
与海外模具公司的合同签订	8		●						8															
与海外模具公司的工程分担	9		●							9														
车身件的设计制造	10		●							●	10													
焊接夹具的设计制造	11		●									11												
样车试制	12	●	●	●	●	●	●	●					12											
样车产品定型试验及法规试验	13		●										●	13										
改进设计 1	14		●												14									
产品鉴定及上目录	15		●								●	●				15								
工艺设计	16										●	●					16							
第一轮生产试作	17													●	●	●	●	17						
第一轮试作样车进行性能及可靠性试验	18																	●	18					
改进设计 2	19																		●	19				
第二轮生产试作	20																			●	20			
批量生产准备	21																					21		
市场销售策划及售后服务技术准备	22																						22	
批量生产	23																				●	●	●	23

图2 原始DSM矩阵

在此基础上对DSM矩阵进行分析，其目的是可通过变换DSM的行和列使其不包含反馈符号而成为一个下三角矩阵。这是因为，一个复杂的工程系统存在交互活动，一般不可能简单地通过行列变换成为一个下三角矩阵，因此分析的目标是在DSM矩阵中寻

找这样的“信息环”并沿对角线对其进行分组，并使这些活动的所有输入活动在集群之前出现。

DSM的分组算法通常有3个步骤：一是用路径和矩阵乘方方法确定一个项目DSM矩阵内的所有回路；二是将一个回路中的所有任务看成一个单一表示

的任务；三是使用排序的算法重新排列各项任务的执行顺序。新排列的各项任务能够看清哪些活动可以并行而形成一工作组，各工作组之间不存在交互的现象。而原始的 DSM，只提供了各项任务之间的信息交流方向，很难发现哪些任务可以安排在一个工作组中。图 3 中 DSM 矩阵是一个经过分组后的 DSM，可

以看出这 23 项任务中许多任务可以并行进行（如黑框所示），从而使设计过程变得流畅，各阶段的设计目标变得明确，执行各项任务所需的信息和产生的信息流向更加清楚，使一个较复杂的产品开发项目能够得以高效地执行。

项 目	代号	1	2	7	21	22	3	4	6	8	9	11	14	5	10	12	15	16	13	17	18	19	20	23
整车方案及策划书	1	1																						
整车方案评审准备及评审	2		2																					
CAE 计算	7			7																				
批量生产准备	21				21																			
市场销售策划及售后服务技术准备	22					22																		
样车分解	3		●				3																	
整车名细初步提出	4	●						4																
零部件设计及专用样件试制	6		●						6															
与海外模具公司的合同签定	8		●							8														
与海外模具公司的工程分拆	9		●								9													
焊接夹具的设计制造	11		●									11												
改进设计 1	14		●										14											
配套选点	5	●						●						5										
车身件的设计制造	10		●								●				10									
样车试制	12	●	●	●			●	●	●					●		12								
产品鉴定及上目录	15		●								●				●		15							
工艺设计	16										●				●			16						
样车产品定型试验及法规试验	13		●													●			13					
第一轮生产试作	17											●					●	●		17				
第一轮试作样车进行性能及可靠性试验	18																			●	18			
改进设计 2	19																				●	19		
第二轮生产试作	20																					●	20	
批量生产	23				●	●																	●	23

图 3 变换后的 DSM 矩阵

5 结 论

不论企业大小，DSM 技术均可应用于新产品开发过程之中，它清晰地定义了各个阶段所要执行的各项任务，明确了任务的方向，缩短了上市时间，提高了产品的成功率和研究开发的工作效率。同时还能在产品开发的早期，就检测到设计的缺陷，减少了重复设计。应用 DSM 技术设计人员对产品的开发过程有了清晰的认识，并可较为方便地根据各项任务间的依赖关系确定每个工作团队及工作内容。

参 考 文 献

- 1 T. U. Pimmler and S. D. Eppinger. "Integration Analysis of

• 28 •

汽车工业研究

- Product Decompositions", ASME Conference on Design Theory and Methodology, 1994 DE -Vol 68, pp 343 -351
- 2 D. V. Steward. " Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems" IEEE Transaction on Engineering Management. August 1981, pp. 71 -74.
- 3 K. T. Ulrich and S. D. Eppinger. Product Design and Development, McGraw -Hill, NewYork, 1995, Chapter 12, pp. 260 -282

(责任编辑 於 拉)

收稿日期: 2001 年 1 月 6 日

2001 年第 6 期