

ETO 产品设计过程快速响应改进策略

文 ◆ 中国铁建高新装备股份有限公司 徐正军
昆明理工大学管理与经济学院 李泽建

引言

ETO 产品定制需求下的企业，由于定制客户所处环境的独特性（如所在地环境特殊性、新配套设施、新技术采用以及老旧技术革新），导致客户对产品以及功能需求有诸多的不同点。在应对客户需求响应的过程中，企业应合理安排产品设计时间，对按订单设计过程中的属性和特点进行控制，用新的技术和方法控制整个设计响应过程，缩短响应时间，提升产品设计生产制造过程的管理效率和产品方案设计实施效率。本文以 ZB 公司的 ETO 产品项目为例，对现有项目响应时间基础数据进行分析，探讨按订单设计产品设计过程中快速响应改进的可行性实施方案。

1 研究框架

ETO 产品定制设计，将客户需求逐级逐层转化分解，实现客户需求转化为产品性能、部组件参数和零件参数，具体表现为产品构成分解成部组件和零件。产品构成和产品性能之间呈树状结构分布，彼此之间有对应关系，组合构成定制设计的产品，产品

构成和产品配置信息之间也呈现树状结构。

现有文献中，对于 ETO 产品设计阶段的设计响应优化策略，从项目开发故障识别和排除、资源配置、响应时间计算、成本以及利润分析方面均有研究论述。Lorenzi 等研究 ETO 工业自动化产品中 FMEA 和 A3 进行故障映射的方法，改进了订单产品开发中的故障分析和故障排除过程^[1]。McKendry D.A. 等研究 ETO 产品原型设计在订单计划中实施产品生命周期管理的框架^[2]。谭跃雄研究了 ETO 产品定制系统快速响应的资源配置策略和方法，并对资源配置进行边际分析和影响分析^[3]。孙喜梅等研究大规模定制模式下的供应链响应时间的计算以及应用方向^[4]，刘艳梅等研究定制产品不确定的响应时间对产品和零件库存的影响^[5]。除此之外，产品响应时间的不确定性带来的较高的安全库存成本^[6]和较低的利润^[7]，暂无以具体公司项目历史数据为基础进行的实例分析研究。

2 案例分析

2.1 ZB 公司在 ETO 定制设计响应方面存在的问题

(1) 产品设计开发流程较为复杂。在设计开发阶段，设计评审确认产品设计的状态。每个评审分为两个级别，一是设计团队的团队评审，二是项目管理部联合公司专家进行评审，以保证产品技术以及功能的严谨性和有效性，两次评审确认完成后才能开展下一阶段的工作，否则容易相互影响造成响应时间重叠交织，影响项目推进周期。

(2) 地铁 ETO 产品配置响应时间长。从收到产品订单需求到产品交付，一般周期需要 18 个月以上，客户紧急 ETO 订单的周期一般为 6 ~ 10 个月，按照绿色通道进行设计、采购、生产组装，需要 12 个月左右，无法满足大多数地铁客户的 ETO 订单需求。对于紧急 ETO 订单的快速响应，由于项目参与人员和响应时间差距较大，担忧无法按期交付，不敢贸然接单。

(3) 同行在 ETO 产品响应方面更占优势。目前，轨道配套养护设施供应市场上，各类企业之间市场竞争愈发激烈。对于地铁 ETO 产品的交货周期，在按照订单设计、生产制造以及交付阶段，同行竞争对手

【作者简介】徐正军（1989—），男，云南昆明人，硕士研究生，工程师，从事大型养路机械设计开发及管理工作。

能够在 10 个月内完成生产，优于 ZB 公司的 12 个月生产交付周期；对于客户紧急 ETO 产品订单，竞争对手能做到在短时间内交付。竞争对手在 ETO 产品设计响应方面优于 ZB 公司，ZB 公司需要梳理问题寻找解决方案。

2.2 订单执行阶段响应时间长的原因分析

(1) 设计开发过程中的问题分析。遵循项目开发设计流程，设计部门完成新产品 ETO 订单执行阶段的平均时间为 220 天左右。其中，图纸设计时间为 45 天；对于成熟定型的产品，方案设计完成时间为 31 天；技术设计完成时间为 30 天。针对新产品和成熟产品两者存在的巨大时间差，需要提高 ETO 产品的设计响应速度。根据市场需求，在设计阶段，图纸设计响应时间建议缩短至 40 天。由于图纸设计前已经过评审，根据价值流图分析将图纸通过准确率提高至 80%。

设计人员确认 ETO 产品技术方案后，通过协同软件 Teamcenter 完成产品方案及部组件设计，得出由产品部组件及零部件组成的物料 BOM 清单。清单中的部组件及零件分为 3 种类型，第一种类型为 ZB 公司已经设计生产使用过的部组件，从协作设计软件平台中沿用该设计方案，进行微调后得出物料 BOM 清单，该过程需要花费 7 天时间。第二种类型为首次设计的部组件及零部件，按照产品项目开发流程进行响应设计，逐级完成评审、确认后得出成本及物料 BOM 清单的部件，根据价值流图分析需要 45 天。第三种类型为外购或联合开发外协件，根据方案由招商商务部做询价或者公开招投谈价，项目主管成员和供应商确

表 1 不同类型零部件设计消耗时间

零件类型	价值流图分析消耗时间	备注
已经设计生产使用过的部组件（已保存在数据库平台中）	7 天	
首次设计的部组件及零部件（需要按照图纸生产加工）	45 天	
外购 / 联合开发外协部组件（需要外部按照图纸生产加工）	25 天	

表 2 设计阶段数据消耗时间对比

目前数据：	优化目标数据：
地铁 ETO 产品设计阶段耗时：	地铁 ETO 产品设计阶段耗时：
产品图纸设计 45 天	产品图纸设计 40 天
设计图纸准确通过率 72%	设计图纸准确通过率 80%

表 3 价值流图分析得出的待解决问题清单

产品交付期望值	价值流循环时间	问题项	目标	...	检查周期	备注
ETO 产品设计响应时间 < 40 天	设计图纸 BOM 清单消耗时间	缩短部组件图纸设计时间	40 天	...	每两周检查	
		提高产品图纸正确通过率	80%	...	月度检查 项目随查	
		缩短现有部组件的引用查找周期	5	...	每周检查	

认部组件的性能和技术规格，得出物料 BOM 清单的部件，根据价值流程图分析需要 25 天，不同类型零部件设计消耗时间如表 1 所示。

经评审确认后，产品性能和产品规格才能满足客户的订单需求。在设计过程中，对于第二种类型首次设计的部组件及零部件，需要设计人员提高部组件及零部件的图纸准确率，确保产品性能发挥零件设计参数层组成产品的整体性能，根据价值流图分析，需要将图纸正确通过率保证在 80% 以上，设计阶段数据消耗时间对比如表 2 所示。

在设计开发阶段，价值流图分析得出的待解决问题清单如表 3 所示。

(2) 响应时长原因分析。设计部门每个月会发布项目资料归档及完成情况，项目资料归档及完成情况表如表 4 所示，项目资料归档及完成情况统计表如表 5 所示。

采用价值流图对设计图纸过程进行分析，梳理出设计开发过程中由于部组件设计时间长、产品图纸正确率不高、现有部组件及零件引用找寻时间较长等问题项点，造成响应时间较长的问题，从而对应分析优化方向策略。

2.3 快速响应改进策略

基于现有协同设计软件 Teamcenter，ZB 公司已经实现了产品设计数据共享存储于服务器，通过对产品特征数据冗余处理、配置模块化产品部组件，构建配置产品特征模型，以应对不同客户需求模块化组合产品方案，得出定制机械产品的配置设计策略^[9]。通过以下方面实现快速响应改进。

(1) 半成品模块化设计思

路。构建 ETO 产品的部组件和零件时，采用通用功能部组件和新设计部组件的组合设计思路。通用功能部件沿用现有产品设计，不进行更改或者参考现有方案进行升级改造；对于新设计部组件，满足客户订单需求，进行定制化原创设计。伴随定制化产品的增多，采用半成品模块化设计方法，充分考虑通用功能部组件配置，同时留有多元化功能扩展匹配接口，在应对后续不同定制需求时，将稳定可靠的部组件组成具备基础功能的半成品，满足稳定性功能配置和多样化功能需求，缩短 ETO 产品设计响应时间。

(2) 冗余策略的设计思路。通过冗余策略，对于产品功能和性能，一个产品可以具备客户订单需求之外的技术功能特点，亦可通过不同途径实现某个产品功能，便于通过不同的技术路线重组实现产品功能。通过增加通用部组件的引用及重组次数，多种路线下实现产品的定制需求功能。在收到 ETO 产品订单需求时，能够快速满足客户的需求，规划产品技术规格。

(3) 设计资料模块化归档。基于已建成的协同软件 Teamcenter 构建不同类型的技术分类，使其系统组成部组件可以通过模块化相互替换或增减，逐步完善相互共性的模块化部组件系统自动存储至归档目录中。在后续收到客户的 ETO 产品订单需求时，根据技术分类，调取现有数据快速得出按订单产品方案技术规格书和产品物料 BOM 清单。

(4) 物料 BOM 清单协同分发和审签。根据协同设计软件完成产品部组件图纸和关联唯一

表 4 项目资料归档及完成情况表

流程名称	流程标题	发布日期	紧急程度	当前状况	备注
ZB-001	2023 年 02 月项目资料归档双周报	2023/02/15	正常	查看留言	
ZB-001	2023 年 01 月项目资料归档双周报	2023/01/15	正常	查看留言	
ZB-001	2022 年 12 月项目资料归档双周报	2022/12/15	正常	查看留言	
ZB-001	2022 年 11 月项目资料归档双周报	2022/11/15	正常	查看留言	
ZB-001	2022 年 10 月项目资料归档双周报	2022/10/17	正常	查看留言	
ZB-001	2022 年 09 月项目资料归档双周报	2022/09/16	正常	查看留言	

表 5 项目资料归档及完成情况统计表

序号	项目号	新设图纸数量	未按时完成数量	一次通过完成率
1	ZCG2112001TJ11	562	106	81.14%
2	ZCG2201003ZHH8	716	144	79.89%
3	ZCG2201001DGH1	473	89	81.18%
4	ZCG2201002TYH1	729	137	81.21%
5	ZCG2201003ZHH8	668	76	88.62%
6	ZCG2211009WZTF	715	127	82.24%
...

物料编码，设计人员确认数据无误锁定后，经由系统流程分发至相关部门，各部门人员基于职责划分系统读取权限。对于生产部门的工艺管理人员，获得通过登录系统的对应模块，同步获得该产品的物料信息，得出部组件的生产所需数据；财务部门的成本管理人员根据账户权限，在对应的模块看到该 ETO 产品的物料 BOM 清单。通过增强各部门协同能力，减少文件数据流转的时间，提高按订单需求响应能力。^[5]

引用

[1] Inês C L, Espindola C J F. Failure Mapping Using FMEA and A3 in Engineering to Order Product Development[J]. The International Journal of Quality Reliability Management, 2018, 35(7): 1399-1422.

[2] D.A.M, R.I.W, A.H.B.D. Product Lifecycle Management Implementation for High Value Engineering to Order Programmes: An Informational Perspective[J]. Journal of Industrial Information Integration, 2022, 26.

[3] 谭跃雄. 基于柔性的大规模定制系统快速反应能力研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.

[4] 孙喜梅, 王中亚, 余博. 大规模定制模式下的供应链响应时间计算及其应用[J]. 物流技术, 2015, 34(11): 233-237.

[5] 刘艳梅, 任佳, 江支柱, 等. 大批量定制下按订单装配产品同步生产计划方法[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(6): 1352-1358.