

基于产品生命周期管理的 变更管理系统

□ 上汽大众动力总成有限公司、上海同济大学 / 郑超

本文结合企业实际情况，通过优化工作流程和工作任务分配，设计了一个基于产品生命周期管理系统的工程变更系统蓝图。通过实施该蓝图设计，可以大幅提升整个企业的工程变更管理和实施效率，并对于同行业的公司有很好的借鉴意义。

对于汽车企业的生存来说，研发效率至关重要。推向市场的新车型要满足三个条件：低成本、高质量、短周期。这些都对优化研发过程提出了更高的要求。研发是一个动态交互的过程，不仅限于产品开发阶段，而且在产品的整个生命周期当中，对于产品的设计都需要不停地更正与优化。除此以外，客户反馈、原材料短缺、技术革新等因素都会对产品设计不断产生影响。因此在产品的整个生命周期内，设计变更是不可避免的，尤其在从产品导入阶段直到成熟阶段（见图1）。对这些产品外形、功能、材料、尺寸的变更，称作“工程变更（ECs）”。工程变更管理（ECM）即是对于工程变更（ECs）工作流和信息流的组织和控制。

工程变更管理介绍

工程变更管理流程一般有

3个主要组成部分：变更申请（ECR）、审批阶段（ECB）、更改通知（ECN），如图2所示。本文以上汽大众动力总成为例，作简单介绍。

1.变更申请ECR

当有工程变更需求的时候，由发起人提出申请（ECR-Engineering Change Request）。发起人理论上来说可以是和零件有关的任何人。但是在笔者公司，发起人及其权限一般由集团总部的零件开发主管工程师控制。在这一阶段中，变更

协调人接收到变更申请（ECR）之后，进行初步审核，排除经测试和验证确认无效变更和重复的变更，并评估变更的优先级后录入到集团层面的变更系统（AVON系统）。同时在这个阶段主管工程师会同时创建零件变更范围清单（TUL-Teil Umfang List）、图样、3D数模以及解释说明性的文件。

2.审批ECB

从该阶段开始才是主导的阶段。在这个阶段，变更申请会被分发到相关方进行评估。参与方在

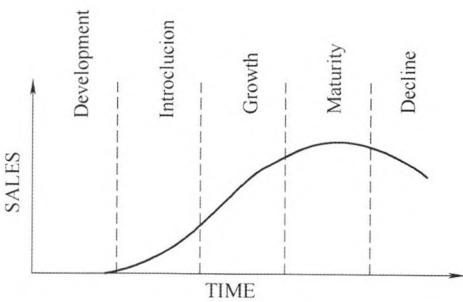


图1 产品生命周期曲线

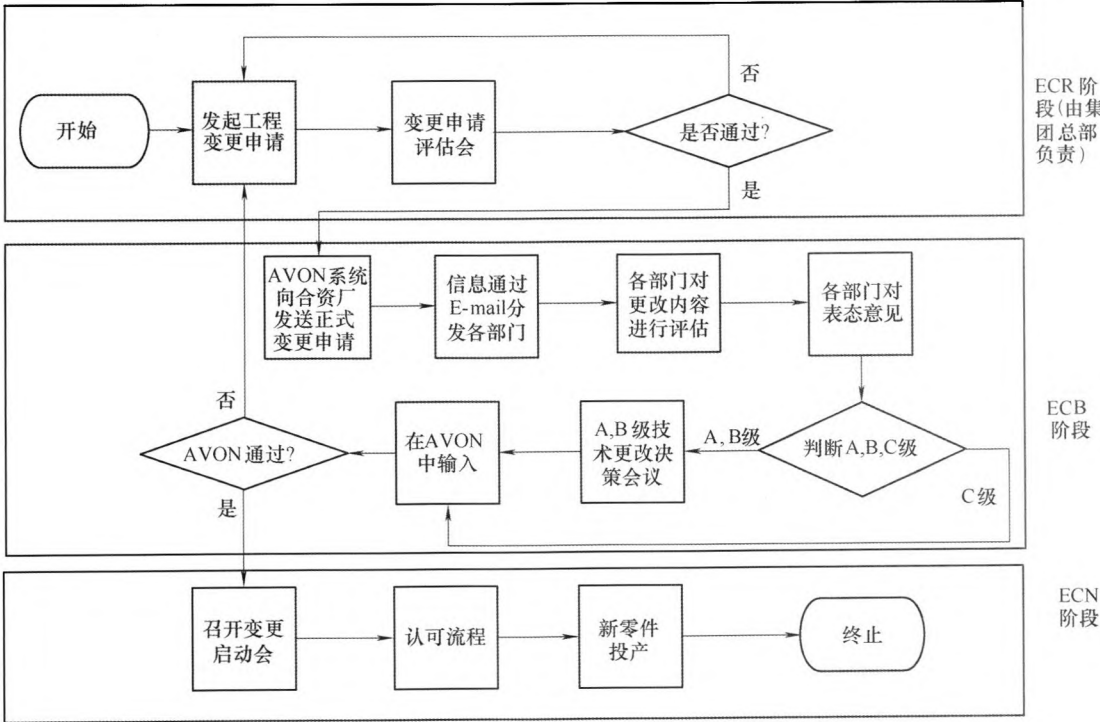


图2 变更管理流程图

这里称之为“变更委员会（ECB-Engineering Change Board）”，并且隶属于不同的专业部门。变更评估信息通过E-mail形式通知到相关部门的协调人。各部门组成的变更委员会专家组在收到变更申请之后要进行各项评估，评估范围在后续工程变更所面临的问题当中有详细阐述。专家组评估完成之后由变更委员会总协调人根据评估结果进行A、B、C等级分类。分类的规则主要是变更造成的单价变化和投资费用。之后会根据分类级别由变更委员会总协调人将变更提交相应层级的ECB决策委员会。最后由总协调人将决策的结果输入到集团层面的变更表态系统当中（AVON系统）。

3.变更通知ECN

变更通知阶段（ECN-

Engineering Change Notification）会生成变更通知（ECN），ECN也常被称作变更指令（ECO）。在这个阶段，要澄清如下问题：哪些零件需要变更？——定义变更范围；如何进行变更？——锁定图样和3D数模；何时实施变更？——确定变更实施的时间；哪些人负责哪些任务？——指定实施方案、定义任务包（如各种认可试验、设备改造、库存控制、检测工艺、订单价格更新等）。

以笔者公司为例，变更协调人通过项目启动会的形式，在会上确认以上提到的问题，并生成会议纪要。最后和批准阶段的表态表格一起分发，作为变更通知ECN。

工程变更管理中的问题

作者所在的企业是大众集团的发动机制造厂，有300多个零件、

30多种发动机机型，设备模具投资巨大、周期长、产品生命周期长。作为汽车的心脏，发动机的质量要求也是相当高的。结合企业产品的实际特点，其工程变更管理所面临的问题有如下七点：

- （1）产品零件数量多，产品机型系列多。
- （2）作为全球化企业，大众集团为了减少开发成本、原材料成本，常常会选择让多个集团下属子公司使用相同的零件或者下级散件。这导致变更管理越发复杂。例如，上汽大众动力总成有限公司和一汽大众发动机厂生产的发动机共用大部分零件。
- （3）由于产品生命周期长，一个零件在产品生命周期内可能会发生多次变更。有时候这些变更都是在同一个零件上发生的，必须要系统化地记录和归档，以便于零件

履历和质量追溯和企业知识经验的累计。如：变更实施时间、发动机首台号等。

(4) 工程变更主要包含两种信息：一种是数据信息（如：零件号替代关系、零件尺寸、质量、公差等，在大脑中是通过逻辑思维来处理的）；另一种是图像信息（如：图样、数模、装配工艺图等，在大脑中是通过形象思维来处理的）。这两种信息要同步处理、更新和存储，对于纸质文档的工作方式来说，工作量较大且不够形象，不便于理解。

(5) 零件变更的影响范围广泛，评估困难。影响范围包括：设备、工装夹具、刀具、人员、培训等。在工程变更批准以前，必须要准确评估如下影响：发动机成品数量和零件库存和半成品数量评估；成本的影响，如模具修改费用、零件单价变化等；发动机和零件的报废；零件的供货周期（Leadtime）的影响。例如：进口件（CKD）海运需要至少12周、发动机线束下级散件多为进口长采购周期零件，最长周期16周、变更实施切换的时候容易产生牛鞭效应，导致呆滞库存等；设备、工装夹具、刀具等；物流料箱、料架、物流方案等；节拍平衡、人员数、人员培训等。

(6) 工程变更需要多个不同部门参与评估，这导致评估时间和参与人员的增加。据统计，工程变更占用了1/3的研发能力，这无疑极大地增加了研发成本。

(7) 由于工程变更的整个周期越来越长，要采用一个变更的分类机制。有些变更是由于零件或者原材料供货周期，需要更长的实施

周期；有些变更是质量抱怨变更，需要立刻实施。诸如此类更改都需要给一个较高的优先级。

虽然工程变更的实施效率非常关键，但是以上的因素导致变更的批准和实施周期越来越长，同时由于对变更本身技术方案的理解问题导致评估的全面性和准确性不足。周期延长和评估不充分会导致实施成本上升。更严重后果是变更长期无法实施可能导致产品质量下降，甚至导致产品召回的严重后果。

为了解决工程变更评估面临的各种问题，作者设计的ECM系统蓝图提出了解决问题的三个设想：

(1) 是否可以结合产品生命周期管理系统（PLM）同步开发，充分利用PLM系统提供物料清单（BOM）其所关联的电子文档等数据支持，使得参与评估人员可以充分高效地评估？

(2) 在各部门平行评估的过程当中，是否能让各部门协调人可以将工程变更工作打散成更小的任务包，向下分发到具体的负责人，使得工程变更得到更充分地评估？

(3) 是否可以实施可视化概念，使得评估流程可视化，形象地展示工程变更的变化点，提高各部门评估的效率？

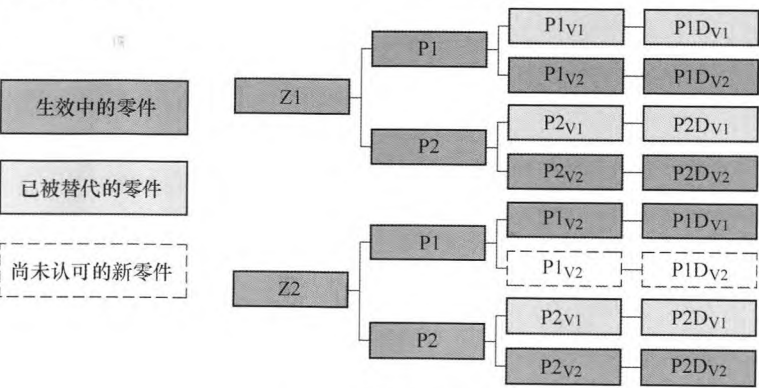


图3 零件号的变化

ECM系统的设计

1.PLM系统简介

在产品生命周期管理系统（PLM）包括了产品生命周期中的所有数据。如：零件号、图样、3D数模、物料清单（BOM-Bill of Material）、过程文件、工程变更文件等。这些文件都以电子文档的形式存储在PLM系统当中。这些电子文档通过零件号和BOM建立互相关联，形成一个树形结构（见图3），使得这些电子文档管理和检索成为可能。

那么PLM系统是如何记录工程变更信息的呢？当零件通过工程变更发生更改的时候，可能会有多种情况（见表1）。工程变更会导致BOM中相应零件号或者版本号发生变化。当工程变更实施的时候，PLM当中的零件（图样、3D数模、过程文件等）文档也需要随之更新，以适应新零件号或者新版本的零件（见图3）。

表1 零件号的变化

情况	工程变更	零件版本号V	零件号P	总成号Z
1	有	变化	不变	不变
2	有	变化	变化	不变
3	有	变化	变化	变化

2.在工程变更系统(ECM)中创建工程变更申请ECR

由于工程变更的发起人是大众集团，变更协调人所要做的工作便是把集团的工程变更申请（ECR）电子版以及相关的电子文档（图样、3D数模、过程文件、PDM装配工艺、测量工艺等）录入到系统中。工程变更是否相关的系统自动判定，可以根据ECR中老零件号数据和PLM系统中的现有零件号数据进行对比，如果没有相同的零件号数据，即可判定为无关，并由变更协调人作最终确认。

3.在工程变更系统(ECM)中进行评估表态

在工程变更系统(ECM)创建以后，需要对ECM进行评估并尽快做出表态。如表2所示，是表态阶段所需数据。

在这一阶段首先要做的是管理需要表态的ECM任务。表态管理界面可显示表态中的ECR任务，使得变更管理员和表态参与方都可以一目了然地了解ECR任务状态。在选中任意一行ECR任务记录后，便会显示出当前ECR任务的流程进度。绿色为已完成的流程步骤，黄色为正在进行中的流程，红色为超时的流程，白色的为未开始的流程。通过可视化流程图，使得变更管理者和变更表态参与方对变更的状态有一个直观的了解（见图4），加强表态阶段的管理和控制。

之后需要选择参与表态的工程变更评估会（ECB）成员。变更管理者可以在这个界面选择评估参与方，并发布ECR，开始ECR评估流程。ECR评估任务发布到各部门的协调人之后，协调人可以根据变更

涉及到的零件，向下继续分配任务包。这样保证了评估的专业性、准确性。

接下来收到任务包的ECB成员需要对ECM任务进行评估与表态。在表态界面，参与表态成员对各自分配的任务包进行表态。除了

之前在创建ECR的时候输入的所有数据，系统可自动使用3D数模的数据进行对比，并计算出变化点，最终以两个重叠的数模形式来展示差异点。燃油分配管的变化点如图5所示，并以褐色标示出来。对于参与评估的非技术人员来说，这极

表2 表态阶段数据需求

表态阶段-数据	数据来源
创建ECR时收集的数据	前一阶段
工程变更评估会（ECB）成员的选择	变更协调人
工程变更评估会（ECB）成员表态（接受/拒绝）	工程变更评估会（ECB）成员
工程变更影响范围（规划）：设备投资、工位器具投资、检具投资、调试件费用、刀具费用、改造Leadtime、节拍变化、人员变化、停产改造班次等	工程变更评估会（ECB）成员（规划部门）
工程变更影响范围（质保）：认可计划、认可费用、认可周期	工程变更评估会（ECB）成员（质保部门）
工程变更影响范围（采购）：零件单价变化、模具变更投资、新开模具投资、设备投资、变更周期	工程变更评估会（ECB）成员（采购部）
工程变更影响范围（物流）：物流工位器具投资、包装方案投资、运输方案投资、零件LeadTime、零件库存	工程变更评估会（ECB）成员（物流部）
表态日期	工程变更系统(ECM)自动产生
备注	变更协调人 工程变更评估会（ECB）成员
变更状态更新： “R”表示拒绝，“A”表示接受	工程变更系统(ECM)自动产生
零件状态对比（见图5）	工程变更系统(ECM)自动产生
可视化流程图（见图4）	工程变更系统(ECM)自动产生
零件树形结构图（工程变更申请（ECR）创建界面）	工程变更系统(ECM)自动产生

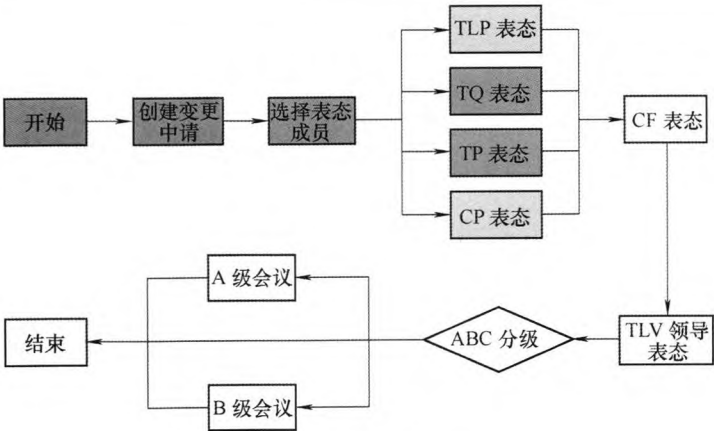


图4 可视化流程图

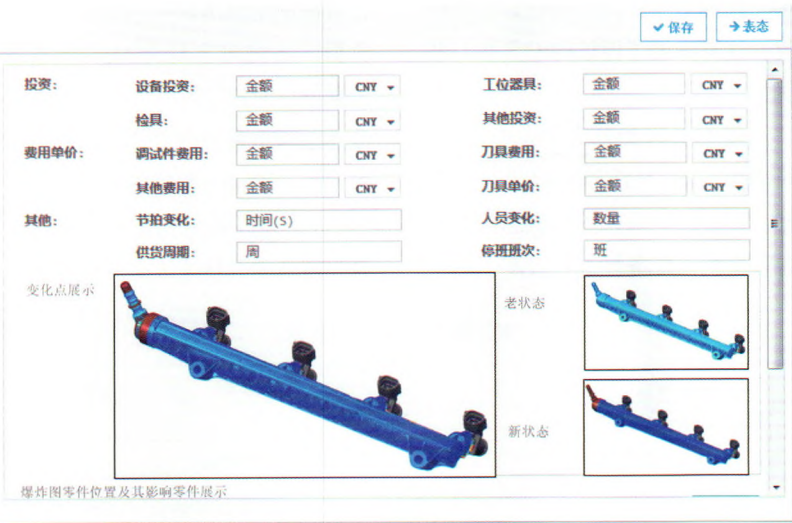


图5 零件变更差异展示

大地方便了ECR的评估。另外，系统会展示零件在爆炸图中的位置，并将可能影响到的周围零件用红色标注。这使得参与评估人员对变更的零件影响范围有一个更直观地认识。例如一个零件燃油分配管发生了变化，不但影响了该零件本身，还可能对该零件在总成上的装配产

生影响，也有可能影响与之相邻的进气管，节气门等零件，因此对这些零件的影响也需要考虑。

4.在ECM系统中生成工程变更通知ECO

各部门表态完成后，即可汇总表态结果并生成工程变更通知(ECO)。如表3所示是生成ECO的数据。

表3 生成ECO数据需求

生成工程变更通知ECO-数据	数据来源
表态阶段的所有数据	前一阶段
导入集团的ECO指令” 800” 或” 496” ，代表变更在集团层面通过	变更协调人
ECR的状态自动改成” O” 状态，即通过状态	ECM系统自动产生
生效日期	ECM系统自动产生
生成《工程变更通知单》	ECM系统自动产生

结语

本文结合作者公司具体情况，基于工程变更流程，设计了一套切实可行的ECM系统蓝图。主要成果如下：

紧密结合产品生命周期管理 (PLM) 系统并充分利用PLM系统

提供的数据资料，使得参与评估人员可以得到充分的评估资料。

评估结果可以形成一个电子数据库，为未来的工程变更系统 (ECM)评估提供支持，并且可以反过来充实PLM系统的零件数据，保证零件履历和版本的完整性和追溯

性。

将分散在不同工作场所的评估人集中到一个虚拟的环境之下共同合作，评估工程变更。

在各部门平行评估的过程中，让各部门协调人可以将工程变更工作包打散成更小的任务包，向下分发到负责具体工作的工程师，采购员等。保证工程变更评估充分，及时。

引入可视化概念，使得评估流程更直观，提高各部门评估的效率；利用集团提供的3D数模资料，结合PLM系统中原版本零件的3D数模，形象地展示工程变更的变化点。

产品的设计与研发除了需要创新外，在产品的生命周期之内持续地改进也是不可少的。这以工程变更的形式来进行产品的优化。协调这些变更是复杂而繁琐的。但一个公司如果不能很好地管理工程变更，那就会给公司带来时间，金钱上的损失，甚至是质量下降。

目前ECM系统中工程变更的优先级仍然是根据收到的ECR上的建议以及依靠变更管理者的经验来确定，缺乏其他有效手段。因此在ECM系统实际运用过程中仍然会存在优先级不清的情况。在积累了一定的ECM以及其评估数据之后，可以根据数据库来设计出一种辅助评估的算法，给出可能的变更影响范围和内容，使得工程变更智能化，高效化。

另外该系统目前尚在开发阶段，为了实现实际应用和成熟目标，未来还需要很多改进与测试工作。 **AUTO1950**