



# 轨道车辆大部件焊接夹具柔性制造系统拓展研究

罗春龙 王莉 王永刚 唐海鹰

**【摘要】**在分析目前国内轨道车辆的柔性焊接夹具不足的基础上,提出在现有柔性焊接夹具制造系统基础上拓展增加“产品相似性设计”和“柔性化程度分析”单元,从而对现有的柔性制造系统进行了完善,有效提高了现有柔性焊接夹具制造系统的经济性优势。并通过对侧墙、底架等车体大部件的工装生产实例,分析验证了该拓展单元的可行性。

**关键词:** 产品相似性设计; 经济性; 柔性制造; 焊接夹具; 轨道车辆

轨道车辆大部件因为具有尺寸大(约25m长),变形控制严,基础刚性要求高等特点,导致工装设计和制造周期长,严重制约生产转产周期。近年,铁路轨道机车车辆制造公司参考汽车和飞机制造行业的“柔性工装系统(FFS)”,配合已有的3D设计平台、PDM等管理平台,逐步形成了各自的柔性夹具制造系统。本文就目前该系统应用中存在的一些问题,进行了研究和拓展,有效完善了该制造系统。

## 1. 轨道车辆行业柔性焊接夹具的现状

目前铁路机车车辆的组装焊接夹具主要存在以下误区:①工装柔性越大越好。工装设计考虑焊接、加工等多个过程,导致结构过于复杂,结果调整难度大,一次投入巨大,使用反而不方便,导致弃之不用,有的甚至放弃柔性化制造系统。②工装柔性理念不统一。企业产品设计环节、工装设计环节、制造环节、

管理环节等各环节管理理念不统一,导致各批柔性工装设计理念不同,工装柔性趋势与产品发展趋势不一致,最终工装的柔性设计与实际需求脱节,使用时甚至不如专用工装。

## 2. 柔性工装制造系统拓展

考虑柔性工装的优势在于“快速化设计,快速化制造”,而这必须建立在企业从产品设计、工艺确定、工装设计和制造、管理等统一理念和协同工作的基础上,否则其优越性很难体现,甚至不如专用工装。因此,在以往的柔性制造系统的基础上,增加了“产品相似性设计”和“柔性化程度评估”的过程,制造流程如图1所示。

(1) 产品设计的相似性分析 为了保证工装的柔性方向正确,必须从产品的设计开始。设计部门在进行新产品设计时,同类产品的结构应尽量保持主结构稳定,差异部分与现有的工装柔性趋势相近或相同。这样大大降

低了焊接夹具柔性部件的数量,可有效降低因增加工装柔性而带来的成本增加和设计难度。如图2所示,产品设计时保留产品的主要特征不变。

(2) 工装柔性程度分析 柔性程度的确定是柔性工装制造中的重要环节。柔性过小,没有实际意义;柔性过大,将造成设计复杂,一次投入巨大。如果产品发展方向错误将造成无用的柔性,最终造成柔性投入失败,影响企业柔性工装投入的积极性。因此,建议在以往的系统拓展增加“柔性程度评估”的环节。

柔性程度评估,主要可以通过以下两个过程完成:

过程1:分模块确定柔性程度。首先制定统一的原则,按照柔性系统中已有的以下单元,参照图3分别确定柔性的原则和程度。具体的操作如下:①基础单元:工装的主体结构,一般不更换,相对固定,只预留柔性接

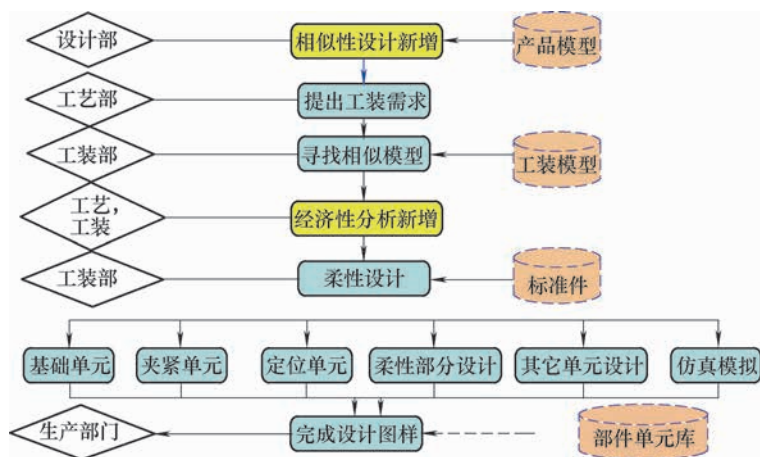


图 1



图2 不同项目的侧墙横截面-差异：区域内轮廓角度发生变化

口。②定位单元：本身专用化设计，接口标准化设计，可以不设置柔性。③夹紧单元：形状、尺寸归类标准化设计，储备柔性调节范围，与基础单元接口标准化设计。④动力单元：液压或风动系统，接口标准化，管路连接储备调整量。⑤控制单元：包括动力系统和设备的PLC控制，只预留柔性接口。⑥扩展接口：评估产品发展趋势，只预留柔性接口。

过程2：参考工装使用频率确定柔性程度。从使用频率出发，合理的确定柔性的程度，专用工装部分和柔性部分配合使

用。示例如下：①产品范围：只考虑近5年内可能使用的产品类型，如高速车的侧墙、车顶和底架。②转产周期：时间太短没有太大的实际意义，因此确定转产周期为1~2天/次。③转产频次：考虑工装寿命约10年，转产的频次确定为2~3次/a。④柔性扩展费用：应小于整体工装费用的20%。拓展前后新、旧制造系统的经济性对比如附表所示。

通过以上的对比，得知拓展后的新柔性夹具制造系统在转产时与拓展前的柔性工装同样具备：基础单元保留，只需要更换标准件（在工装库中已有），接口标准化，提前仿真模拟等优势，并且在保证转产周期的前提下，有效降低了经济投入。

### 3. 柔性夹具拓展应用实例

按照拓展后的制造系统完成

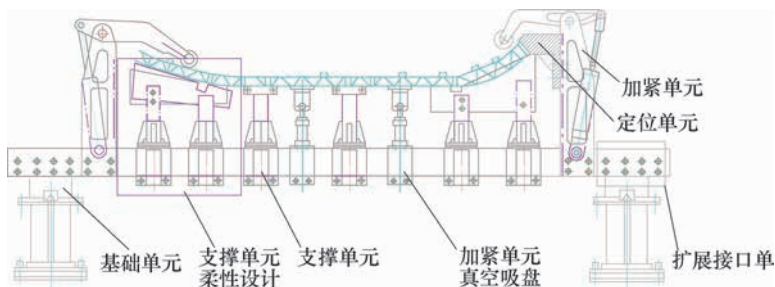


图 3

的适应不同高速车侧墙的焊接工装实例如下：①通过“产品相似性设计”过程，侧墙产品保持主体结构不变。②通过“柔性程度评估”过程，只在局部设定柔性调整单元，其他只预留接口。

### 3. 结语

新的柔性制造系统通过增加“产品相似性设计”和“柔性化程度分析”的过程，有效降低了柔性工装投入的盲目性，充分发挥了柔性焊接夹具制造系统经济、快速的优势，对柔性焊接夹具制造系统的可持续发展具有重要的意义。

### 参考文献：

- [1] 徐俊生. 高速列车组焊柔性化自动焊接夹具系统设计研究[J]. 电焊机, 2011, 41(1): 17-23.

### 拓展前后新、旧制造系统方案的经济性对比

| 序号 | 项目          | 专用工装 | 旧柔性工装 | 优化后柔性工装 |
|----|-------------|------|-------|---------|
| 1  | 一次投入/万元     | 300  | 600   | 350     |
| 2  | 适用产品种类      | 1    | 3     | 3       |
| 3  | 一次设计周期/天    | 6    | 10    | 7       |
| 3  | 平均设计周期/天    | 6    | 3     | 2       |
| 4  | 制造难度        | 一般   | 高     | 一般      |
| 5  | 制造周期/天      | 35   | 50    | 38      |
| 6  | 3种产品累计投入/万元 | 900  | 600   | 411     |
| 7  | 每种产品平均投入    | 300  | 200   | 137     |
| 8  | 转产周期/天      | 7    | 3     | 3       |

作者简介：罗春龙等，青岛四方庞巴迪铁路运输设备有限公司。