

基于轨道交通装备产品探讨企业 标准化设计平台建设

涂本荣¹ 梅乔松¹ 陈锋¹ 丁莉¹ 陈晋砾²

(1. 中车南京浦镇车辆有限公司, 江苏南京, 210031; 2. 安世亚太科技股份有限公司, 北京, 100025)

摘要: 随着轨道交通装备行业市场竞争日益激烈, 在合同交付期限的约束下, 产品设计不宜完全采用全新设计, 而应建设企业标准化设计平台, 通过大量重用成熟标准模块, 快速设计出符合客户个性化需求的产品。标准化设计平台的建设可以稳定企业核心技术, 提高产品的研发和制造能力, 缩短产品交付周期, 为市场的拓展和深化奠定坚实基础。本文阐述了企业如何根据自身的平台来建设标准化设计平台方案, 主要内容包括: 产品平台结构梳理、标准模块划分、属性配置、模块设计、软件开发和模块运用等方面。

关键词: 标准化设计平台 产品平台结构 标准模块 运用软件

Abstract: With the rail transportation equipment industry increasingly fierce market competition, and under the constraint of contract agreed delivery time, product design should not adopt new design but modular design by which designer reuses mature standard modules to rapid design new products to meet customer personalized demands. Construction of enterprise standardization design platform, as a significant carrier to realize modular design, can stabilize the enterprise core technology, improve product development and manufacturing capabilities, shorten the product delivery time, and lay a solid foundation for the market development and deepening. This paper describes how enterprises according to their own products to build the standardized design platform, the main contents include: product platform structure combing, standard module, module attribute configuration, standard module design, software development and modules use

Key words: Standardized design platform, Product platform structure, Standard module, Application software.

0 前言

轨道交通装备是国家走出去战略的重点产品^[1], 我国已形成了技术先进、运营成熟、安全可靠的高速列车、动车组、城轨车辆和铁路客车等轨道交通装备产品平台。在越来越激烈的市场竞争尤其是国外市场竞争环境下, 客户要求的多样化, 交付期限的约束化, 以及车辆运营的安全化, 都要求企业快速设计、制造和交付, 并满足客户要求的可靠性。

轨道交通装备具有结构复杂, 多系统和多功能模块集

成等特点, 产品采用全新设计, 往往研发、制造和试验周期较长, 成本较高, 交付时间难以保证, 且全新产品运营缺乏经验。这些不确定因素都将影响到项目的执行和后期市场的拓展。目前轨道交通装备产品虽然因客户和项目不同而有差异, 但同型谱、同系列不同产品之间又呈现核心部件基本相同的特征, 不同的地方仅体现在客户个性化需求部分, 而这些个性化需求往往又不是产品核心技术部分。这个特征为企业根据产品平台划分具有广泛适用性的成熟核心部件(即标

准模块），建设标准化设计平台提供了技术依据。

1 企业产品平台结构梳理

标准化设计平台建设的核心是模块的划分和模块的重组，模块划分是从现有企业产品平台中划分出广泛适用于未来项目的标准模块，模块的重组是将划分出的标准模块大量运用于后续项目。企业产品平台结构是标准模块划分的前提，由产品平台、产品型谱和产品系列三层组成，关系为产品平台包含多个产品型谱，产品型谱包含多个产品系列，产品系列包含多个同类产品，是同类产品的集合。在很多文献中，产品系列也称为产品族^[2-3]。产品平台结构的梳理采用产品大类、速度等级、产品小类和功能结构逐级分类方法^[3-4]。图1所示，为企业产品平台结构示意图样例。

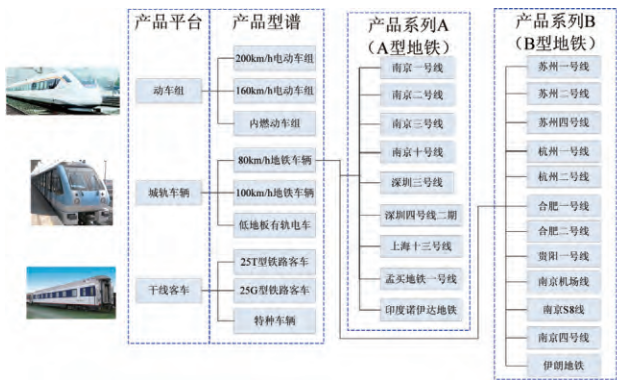


图1 企业产品平台结构

2 标准模块划分

标准模块是组成车辆的基本单元，列车的结构关系为：列车由多个车辆单元编组而成，车辆由多个系统单元组成，系统由多个部件模块单元组成，模块又由多级子模块和零件组成。标准模块是在同一产品系列中多个产品均可适用的部件模块，有些标准模块甚至可以跨产品系列使用。基于既有的企业产品平台结构，对产品系列进行功能和结构分析，划分出具有功能独立、接口固化的标准模块。标准模块的划分采用基于产品功能和装配关系相结合的方法^{[2][5]}，模块不宜划分过大，否则后续项目的细微改变将造成模块的无法使用，也不应过小，过小不能体现模块化，也会导致设计引用和生产制造的不便。图1所示的产品平台结构中可基于产品系列A划分出适用于80km/h的A型地铁的标准模块库，可基于产品系列B划分出适用于80km/h的B型地铁的标准模

块库。A型地铁中，根据系列的不同，如牵引电机模块，又可以划分出适用于A型地铁产品系列的多种牵引电机模块。表1中列出了基于80km/h地铁车辆产品系列A梳理出的部分标准模块。

标准模块可以是以下几种类型。

- (1) 具有广泛通用性的原型部件模块单元。这类模块模型和接口固定，不需要在模块上做任何更改可直接使用。
- (2) 需要衍生设计的模块。这类标准模块不是最终装车使用的部件模块，需要对标准模块做简单的“加”和“减”设计，再装车使用。“加”指在标准模块上安装或焊接的形状或位置不同的零件，以满足不同项目设计需要。“减”是指不同项目所需的开孔位置或者开孔大小不同，使用时需要根据项目需要进行开孔等。
- (3) 具有标准接口的模块。这类模块的显著特征是接口固化，但形状可以改变，如不同车型空调模块结构不同，但是空调的接口完全相同，使用这类模块需要对接口以外的部分做继承性设计。

表1 80km/h 地铁车辆部分标准模块

系统单元	模块单元	系统单元	模块单元
车体系统	侧墙模块	电气系统	充电机模块
	端墙模块		电力连接器模块
	车顶模块		线槽模块
	地板模块		综合控制柜模块
	端牵枕模块	转向架系统	构架模块
内装系统	门模块		轮对轴箱模块
空调系统	座椅模块		一系悬挂模块
	空调机组模块		抗侧滚扭杆模块
制动系统	废排装置模块		牵引模块
	管排模块	网络系统	基础制动模块
	风源模块		显示器模块
牵引系统	风缸模块		中继器模块
	受电弓模块		交换机模块
	牵引电机模块		中央控制单元模块
	牵引逆变器模块		事件记录仪模块

注：每一类模块不是单一模块，而是模块系列

3 标准模块属性配置

标准模块应配置属性^[2]，配置属性的目的一方面是为研发人员更好地掌握标准模块的技术信息，另一方面也是为后续在产品平台运用软件中通过属性查找标准模块提供依

据。不同类型的标准模块的属性不同，同一类型的标准模块的属性相同，但属性值不同。例如，牵引电机模块和牵引逆变器模块的属性不同，但是不同的牵引电机的属性相同，属性值不同。模块的属性由模块的强制属性、系统属性和补充属性组成，其中强制属性主要反映平台结构中的所属平台、型谱和系列等属性，主要包括：模块编号、名称、平台类型、适用速度等级、（既往）运用项目和所属系统等；系统属性是反映模块本身的功能属性，如模块分类、关键技术参数和关键功能特性等；补充属性主要反映一些非功能信息等。表2中列出了牵引电机模块的部分属性。

表2 牵引电机模块部分属性

强制属性		系统属性		补充属性	
属性名称	属性值	属性名称	属性值	属性名称	属性值
标准模块编号		标准模块分类		电机型号	
标准模块名称		输出功率		外形尺寸	
所属产品平台		额定电压		重量	
适用速度等级		额定电流		成本系数	
既往运用项目		绝缘等级		原产品图号	
所属系统		启动转矩		供应商	

4 标准模块设计方法

标准模块划分和属性配置后，设计人员需要对标准模块进行三维模型和二维工程图设计，并赋予属性值。轨道交通装备由于结构复杂，标准模块设计应从车辆的整体结构考虑，应优先采用自顶向下的设计方法，即先建立车辆的总骨架，再基于总骨架采用关联关系建立系统单元的子骨架，以子骨架为基准创建标准模块的三维模型，基于骨架的设计相当于给标准模块在车辆中的位置进行预装配定位。

5 标准化设计平台应用软件

应用软件是标准化设计平台中标准模块重用的载体^[2]。标准化设计平台是企业标准模块库和信息化应用软件的结合。应用软件承担企业标准模块存贮、发布、共享、查询、使用和统计功能，通过应用软件设计人员可以浏览标准模块的三维模型、二维工程图、结构关系和属性（图2）。系统的显著优点是将标准部件的属性进行配置，通过属性值的选择或输入，可以迅速从庞大的标准模块数据库中筛选到所需的标准模块。对于同一类标准模块，系统可对模块的属性进行对比分析，并筛选出差异项，以便更加准确地挖掘出满足

新项目设计需求的标准模块（图3）。通过该软件，还可以统计新设计项目所用的标准模块程度，迅速统计出项目的模块化率。

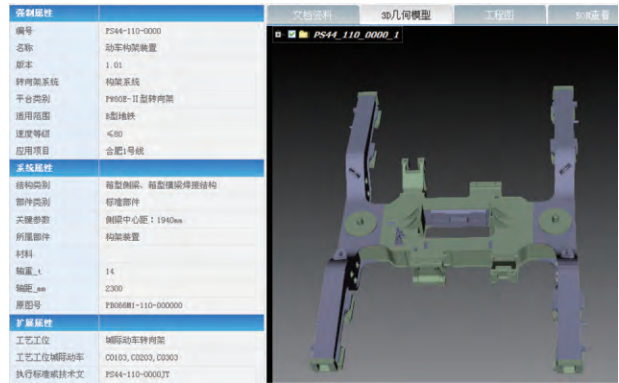


图2 标准模块运用系统中的标准模块数据



图3 同类型标准模块属性对比（仅显示差异属性）

6 标准模块的运用

标准模块的运用是企业标准化设计平台建设的根本目的。在产品功能和结构分析的基础上，通过标准模块重新组合快速设计出满足客户要求的新产品。由于标准模块是经过前期项目试验和运用的成熟模块，通过标准模块在新产品中的大量重用，可大大提高产品的可靠性。

标准模块的运用在产品标准化设计平台应用软件中实现，通过软件的标准模块挖掘功能，选择和填写标准模块的相关属性值，从而挖掘出满足新产品要求的标准模块。标准模块要装配到新产品中，需要通过产品设计工具（如CATIA设计软件）与标准化设计平台应用软件的集成功能

实现,可快速将标准模块三维模型载入新产品模型中。对于需要新设计的模块,要主动与标准模块的接口对接,新设计模块仅需要对本身的结构做新的设计,而接口无需重新设计。通过标准模块的运用,可以固化企业产品的接口类型。图4所示,是采用标准化设计平台中标准模块设计的两个不同产品的车体系统,可以看出两个不同项目车体系统结构基本相同,差别仅仅体现在非核心部件上,大大提高了产品的模块化率。

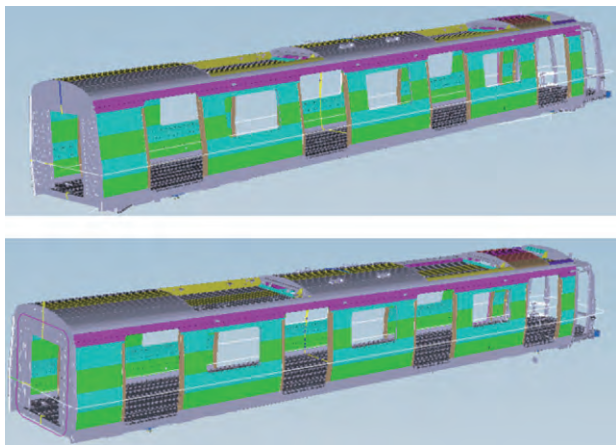


图4 采用标准模块设计的两个不同产品车体

7 结束语

标准化设计平台的建设,是标准化、模块化理念与产品设计相结合的成果。通过划分出成熟模块并在后续项目中组合重用,能大大提高设计效率,提升产品的可靠性,降低企业成本,并保证产品的交付周期。标准化设计平台投入使用后,企业新产品已经大量使用标准模块,新产品的模块化率大大提高。标准模块的重用也相应带来制造现场设备、工装、工具和量具的重用,大大提高了企业的制造能力,经济效益日益显现。建设企业标准化设计平台对于稳定企业主体核心技术,充分运用既有先进、成熟技术和经验,对于打造企业品牌,提升企业研发的软实力具有重大意义,并为我国轨道交通装备走出去和“一带一路”的成功实践提供有力的支撑。

参考文献

- [1] 国务院关于推进国际产能和装备制造合作的指导意见 (国发〔2015〕30号). 中华人民共和国国务院公报,

2015(15).

- [2] 郭津津,徐燕中,朱世和等.产品快速设计系统中模块划分及建模方法[J].组合机床与自动化加工技术,2003(9).
- [3] 都青华,邢海英,李瑞淳等.高速动车组谱系列化技术研究平台初探[J].兰州交通大学学报,2014(6).
- [4] 傅成骏,陈喜红,孙永鹏等.株洲电力机车有限公司城市轨道交通车辆转向架系列化、型谱化、模块化研发状况[J].城市轨道交通研究,2009,12(11).
- [5] 王日君,张进生,葛培琪等.模块化设计中模块划分方法的研究[J].组合机床与自动化加工技术,2008(7).
- [6] 孙帮成.25型客车的模块化设计[J].铁道车辆,2006,44(4).
- [7] 顾新建,杨青海,纪杨建等.机电产品模块化设计方法和案例[M].北京:机械工业出版社,2013.11.