

【工业设计】

## 工程机械工业设计知识库构建方案研究

易军, 颜胡

(湖南大学, 长沙 410082)

**摘要:** **目的** 对工程机械工业设计知识进行研究, 探索工程机械工业设计知识库的建构方法与流程, 有效利用工程机械工业设计知识, 提高工程机械产品造型设计能力。**方法** 通过工程机械工业设计相关知识研究的梳理、设计知识的分类和现代信息论关于产品所传达信息的分类对工程机械工业设计知识进行梳理、分类, 建立工程机械工业设计知识模型框架, 构建工程机械工业设计知识库框架。**结论** 通过对工程机械工业设计知识进行设计学的分类重构, 构建了工程机械工业设计知识库框架与流程, 并将研究结果在实践中予以运用。工程机械工业设计知识库的建立, 为设计师提供了数字化辅助设计资源, 有利于设计师快速获取与重用工程机械造型设计知识, 大大提高设计效率及产品创新能力, 同时也给其他设计知识库开发提供参考。

**关键词:** 工业设计; 工程机械; 设计知识

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)18-0071-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.18.009

### Program of Engineering Machinery Industrial Design Knowledge Base

YI Jun, YAN Hu

(Hunan University, Changsha 410082, China)

**ABSTRACT:** The paper aims to research the engineering machinery industry design knowledge, explore the construction method and process of engineering machinery industry design knowledge base, effectively use engineering machinery industry design knowledge, and improve the modeling and design ability of engineering machinery products. According to the research and analysis of engineering machinery industry design, the classification of design knowledge and the classification of information conveyed by products in modern information theory, the engineering machinery industry design knowledge was sorted and classified to construct a knowledge model based on engineering machinery industry design, and build a knowledge base framework for engineering machinery industry design. Through the classification and reconstruction of design knowledge of engineering machinery, the framework and process of engineering machinery industry design knowledge base is constructed, and the research results are applied in practice. The establishment of knowledge base of engineering machinery industry design knowledge provides designers with digital auxiliary design resources. It is helpful for designers to quickly acquire and reuse engineering machinery industry design knowledge, greatly improves design efficiency and product innovation ability, and also provides reference for the development of other design knowledge bases.

**KEY WORDS:** industrial design; engineering machinery; design knowledge

随着社会经济和城市建设的快速发展, 市场对工程机械的需求迅速增长; 同时, 在“中国制造 2025”战略方针的指导下, 中国正处于从制造大国转向制造强国的过程中, 有必要大力发展高端装备创新工程,

因此, 工程机械的需求将日益增加, 各大企业的竞争力也随之增加。此外, 随着技术的发展和透明化, 各大品牌的产品技术同质化越来越严重, 技术作为产品核心竞争力的优势日渐弱化, 在“全球化”的背景下,

收稿日期: 2020-05-18

基金项目: 湖南省科学技术厅支撑项目 (2015GK1011)

作者简介: 易军 (1970—), 男, 湖南人, 博士, 湖南大学副教授, 主要研究方向为产品设计与数字模型。

产品造型的变化成为制造工程机械产品差异化的主要方向,造型设计也正成为各大企业的主要竞争力。产品造型设计作为企业的核心竞争力之一,占不到产品总成本的10%,却能够提升产品70%的品质与价值<sup>[1]</sup>。可以看出,设计在企业竞争中起到至关重要的作用。在研发新产品的过程中,大多数情况是通过重用已有的设计知识来完成新的设计,因此,共享与重用已有的设计知识,能够有效地提升设计效率和设计创新能力<sup>[2]</sup>。但面向设计师的工程机械工业设计知识库却寥寥无几,因此很有必要探索面向设计师的工程机械工业设计知识研究。

## 1 工程机械工业设计相关研究

目前,对于工程机械工业设计方面的研究已经成为设计研究的热点之一,有许多国内外学者对工程机械产品造型设计进行了研究,主要有从用户认知、品牌形象、造型语义、情感化、意象等方面,以及一些基于特征线的具体研究。陈曦以用户认知为基础,研究工程机械产品视觉形象设计,依照产品设计理论与品牌形象相关理论、认知心理学,提出工程机械产品视觉形象设计的方法及程序<sup>[3]</sup>;李雪楠等探讨工程机械产品造型特征与造型语义的一致性表达方法,提出了造型特征和造型语义的功能、品牌和历史三个角色属性及其一致性表达模型<sup>[4]</sup>;卢晓提出了基于意象的工程机械情感化设计概念和方法<sup>[5]</sup>;谭正棠等基于工程机械产品线型特征和图形特征,提出了产品造型特征提取、表达和创新设计方法与流程<sup>[6]</sup>;王贞等通过机械品牌造型特征提取及设计过程中工程与造型的内在关系,提出工程机械的品牌造型特征创新设计方法<sup>[7]</sup>。以上研究仅仅是针对工程机械某个特定而单一的设计知识进行研究,缺少从设计知识重用的角度,将工程机械的设计知识进行归纳整理。因此,有必要对工程机械工业设计知识进行研究,为建立工程机械工业设计知识库提供基础。

本文从设计应用的角度出发,以湖南省科技厅支撑项目——基于数字化智能制造的工业设计协同创新平台建设中高端装备设计知识库管理系统的建设过程为例,分析产品外观所传达的信息,对工程机械工业设计知识进行分类。根据分类学原理和设计师外观设计的方法与流程,提出工程机械工业设计知识模型。

## 2 设计知识相关概念

现代设计是以知识为基础,以知识获取为中心,设计是知识的物化,新设计是新知识的物化;设计本质上是知识获取、存储和使用的过程。根据不同的获取途径,可将知识划分为显性知识(Explicit Knowledge)和隐性知识(Tacit Knowledge)两种<sup>[8]</sup>,其中

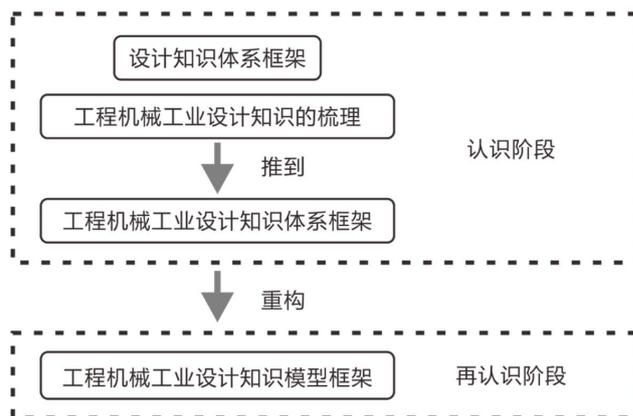


图1 工程机械工业设计知识体系研究思路

Fig.1 Research thoughts on Engineering Machinery Industry Design Knowledge System

显性知识主要是指在个人和团体之间易于进行形式转化的知识,在装备设计领域显性知识主要包括:产品品类信息、产品结构信息、产品型号、颜色等易于编码的信息。而隐性知识则是源于人们从事某项活动时,潜意识中所理解和使用的知识,它是一种直觉和经验。在课题中,它主要包括设计意象、造型特征线以及风格语意等。设计知识通常可以理解为设计师从事设计教育和工作经验中得来的能够支持设计方案产出的知识,包括对象知识、实现知识和过程知识<sup>[9]</sup>。对象知识是关于产品及其材料的特征和属性的知识,其中包括产品的外观信息;实现知识是关于产品在实现过程中的知识,其中包括产品成型的工艺;过程知识是关于设计流程操作性的知识,其中包括整个设计项目的流程。本文主要研究对象知识,后两类知识就不在本文中详细讨论,其有自身的特点以及获取途径。

## 3 工程机械工业设计知识模型设计

### 3.1 工程机械工业设计知识研究思路

工程机械工业设计知识的研究是基于设计知识体系分类方法的应用和推导。首先,在认识阶段需要对设计知识体系和工程机械工业设计知识体系框架的研究,而要对工程机械工业设计知识进行深入的设计研究,必须通过工程机械知识特点和工业设计双重标准对其进行再认识,重构工程机械工业设计知识体系框架。工程机械工业设计知识体系研究思路见图1。

### 3.2 工程机械工业设计知识定义与分类

工程机械工业设计知识是一个极其庞大的体系,需要通过对工程机械工业设计知识进行定义与分类,建立工程机械工业设计知识体系模型框架,才能便于用户有效地快速获取和重用设计知识。

根据现代信息论,产品传达的信息分为三类:符号信息、语义信息、表现信息。符号信息是关于产品自身属性的信息,包括产品的造型、材质、功能、结

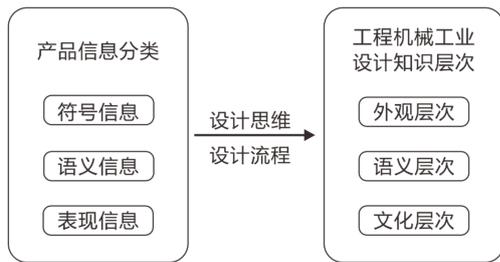


图 2 产品信息分类与工程机械工业设计知识层次的对应关系

Fig.2 Correspondence between product information classification and engineering machinery industry design knowledge level

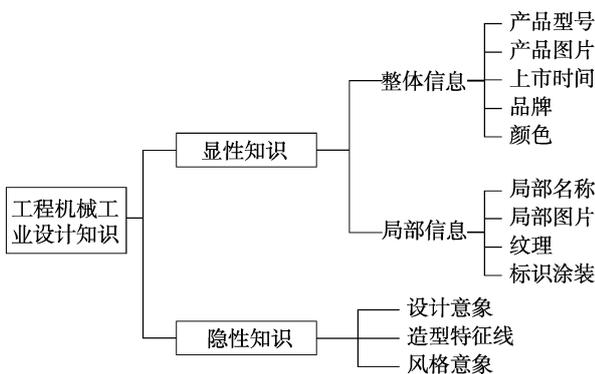


图 3 工程机械工业设计知识

Fig.3 Design knowledge of engineering machinery industry

构以及整体与局部的关系等；语义信息是关于产品特征的描述，包括具体的语义、内涵等；表现信息则是关于产品体现的情感与精神<sup>[10]</sup>。对于事物进行设计研究，即从事物的造型，形式，色彩，材质，肌理，心理体验等方面来研究事物<sup>[11]</sup>，产品工业设计本质是对产品现有的造型要素进行重用，以生成新的设计，而这些造型要素主要来源于产品的符号信息、语义信息和表现信息。因此，对上述基本概念相对应的知识进行描述来定义工程机械工业设计知识，可将其定义为在进行工程机械工业设计过程中与设计相关的知识，

包括产品的造型、功能、结构、情感等。为了便于对工程机械工业设计知识进行数字化和标准化采集，进一步提取形成工程机械工业设计知识，本文参考现代信息论关于产品所要传达信息的分类以及设计知识的分类方式，根据设计思维理念与设计流程的需要，把工程机械工业设计知识分为三个层次：外观层知识、语义层知识、文化层知识。产品信息分类与工程机械工业设计知识层次的对应关系见图 2。

### 3.3 工程机械工业设计知识库框架构建

在设计知识库框架构建之前，需要对工程机械工业设计知识模型框架进行设计研究，应该基于工业设计的筛选标准，采取有别于传统的标准对其进行重构，方便设计师进行知识采集、知识归纳、知识分类和知识重用。

对整个工程机械而言，其系统知识是庞大的，不仅包括产品品类信息、产品结构信息、产品型号、品牌、颜色等易于编码的显性知识，还包括设计意象、造型特征线以及风格语意等不易编码的隐性知识，见图 3。对于显性知识，设计师可从企业官网或产品说明手册等途径直接获取；而对于隐性知识，设计师则无法直接获取，需要在设计符号学的理论指导下，通过隐性知识外显化方法，对工程机械隐性知识进行提取与分析，提炼其设计符号学特征，再转化为易于编码的显性知识，便于设计师获取。针对工业设计而言，需要从庞大的设计知识体系中提取出最便于设计师使用的，并且能够进行数字化和标准化建设的设计知识，因此需要依据工业设计的标准对所有的工程机械工业设计知识进行筛选。课题组通过阅读大量与工程机械工业设计相关的文献和书籍，通过列表方法，从数篇文献及书籍中摘录出与工业设计相关的工程机械造型设计知识，分析并明确工程机械制造产品品类下产品的颜色、材质、涂装、特征线、语意关系等影响工程机械造型领域设计结果呈现的设计知识，以压路机为例，见图 4。为了方便管理设计知识，根据工



图 4 压路机设计知识

Fig.4 Design knowledge of road roller

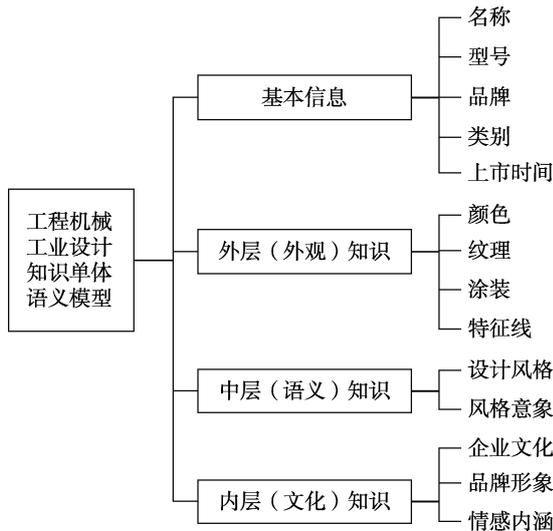


图5 工程机械工业设计知识模型框架  
Fig.5 Model framework of engineering machinery industry design knowledge

工程机械工业设计知识层次，将设计知识结构化，由外而内，并将其划分为基本信息、外层（外观）知识、中层（语义）知识、内层（文化）知识四个层次，从而构建工程机械工业设计知识模型，见图5。其中基本信息包括产品的名称、型号、品牌、上市时间等信息；外观层知识包括产品的颜色、材质工艺、涂装、纹理等知识；语义层知识包括设计意象、造型特征线以及风格语意等知识；文化层知识包括品牌形象，情感内涵等知识。

通过对设计流程的梳理，总结设计师的设计需求，并以工程机械工业设计知识体系框架的构建为基础，借鉴面向设计的地域文化数字资源库的构建方法，把设计过程中所需的大量知识有规律地加以分类、整理、储存，便于设计师快速获取和重用，以制定“案例—知识—属性—数据”四层级的数据架构，从而构建工程机械工业设计知识库数据结构总体框架，见图6。该设计知识库框架为高端装备设计知识库系统 web 设计奠定了理论基础，同时，为了便于设计师浏览和获取设计知识，web 系统将采用简洁的扁

平化结构，框架中基本信息、外观、语义、文化等知识类别层级不在 web 系统页面中显示，直接展示案例层级、属性层级以及所有数据以供设计师全面浏览。

### 3.4 设计知识获取与录入

工程机械工业设计知识库建设的最终目的是为工程机械造型设计研究提供以文字、图片以及三维模型为主的知识，便于设计师查询和重用，因此，通过书本、网络等进行桌面调研并结合专家访谈，制定了设计性、代表性、系统性、准确性四个采集原则，并将工程机械工业设计知识转译为数字化、标准化以及便于录入知识库的数据，数字化采集标准见图7。目前以完成七十多个品牌，六个品类（压路机、起重机、平地机、叉车、渣土车、动车），三百零二个案例的上传工作。

## 4 工程机械工业设计知识库的构建与应用

### 4.1 工程机械工业设计知识库构建流程

在工程机械工业设计知识库框架构建完成后，通过数字化、标准化的采集过程，采集不同案例的相关知识，以文字、图片、矢量、三维模型等形式呈现，通过工程机械工业设计知识库后台系统录入，分别录入到对应的栏目中，并上传相对应知识的数据，完成工程机械工业设计知识库的构建过程，工程机械工业设计知识库的构建流程见图8。

### 4.2 工程机械工业设计知识库应用

上述论文内容叙述了工程机械工业设计知识库构建的理论研究。课题组基于该理论研究对工程机械中的压路机进行了设计知识库的构建，通过对压路机的研究，精炼了工程机械工业设计知识模型，提取了包括材质、涂装、纹理、颜色等外层外观知识，风格意象、特征线等以语义为主的中层语义信息，以及品牌形象、内涵、情感等内层文化知识，通过数字化、标准化采集方式，对压路机的设计知识进行分类、整理、采集与录入，形成了高端装备工业设计知识库。

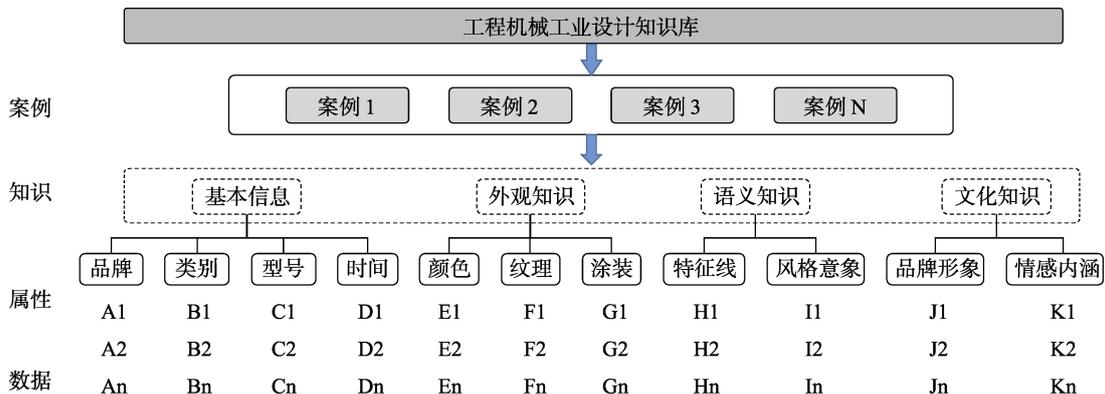


图6 工程机械工业设计知识库框架  
Fig.6 Framework of Engineering Machinery Industry Design Knowledge Base



图 7 数字化采集标准  
Fig.7 Digital collection standard

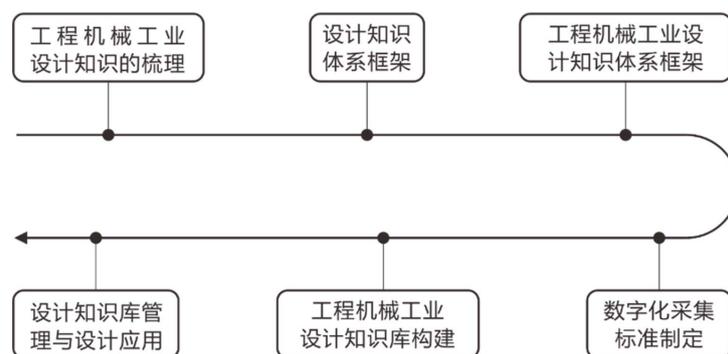


图 8 工程机械工业设计知识库的构建流程  
Fig.8 Construction process of Engineering Machinery Industry Design Knowledge Base

设计知识库给设计师用户提供筛选的条件，根据不同的属性条件筛选出对应的知识，进入设计库详细页面后，设计师可获取每个案例详细的知识，并重用这些知识进行设计创作，高端装备制造设计知识库操作页面见图 9—11。多位设计师借助高端装备工业设计知

识库进行了设计实践，简化了设计知识的获取途径，提升了设计知识的获取速度，大大提高了设计效率及产品创新能力，初步验证了工程机械工业设计知识库构建的合理性，借助高端装备工业设计知识库完成的压路机设计案例见图 12。

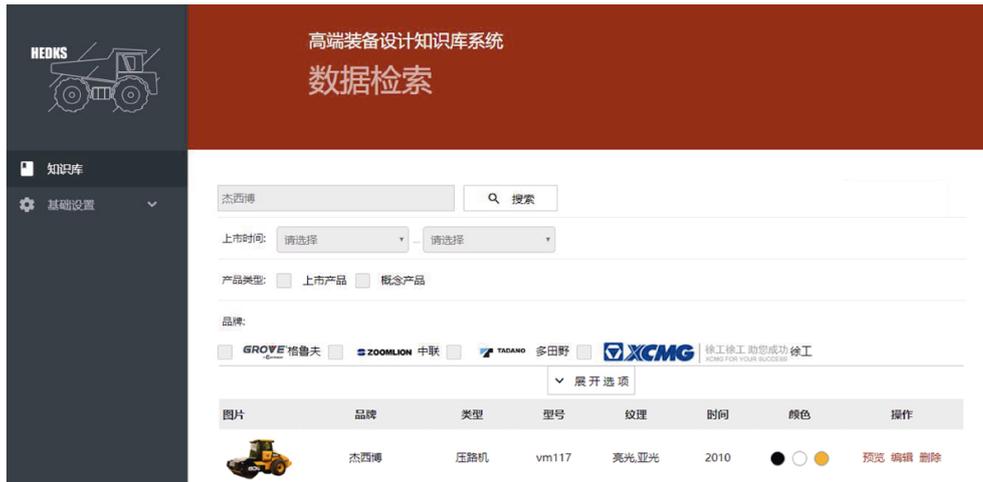


图 9 高端装备工业设计知识库首页面  
Fig.9 Home page of High-end Equipment Industry Design Knowledge Base

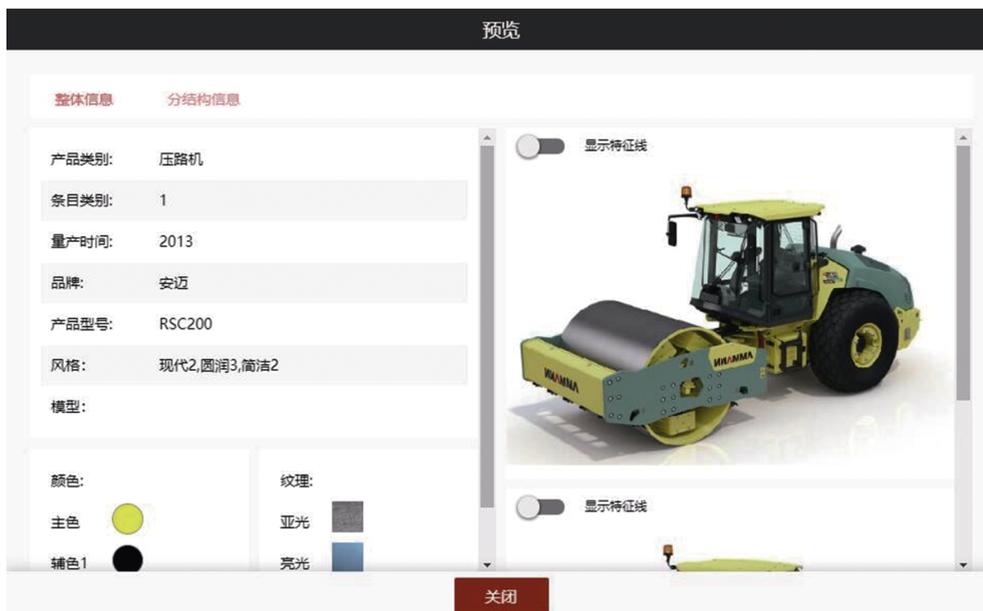


图 10 高端装备工业设计知识库详细页面  
Fig.10 Detail page of High-end Equipment Industry Design Knowledge Base

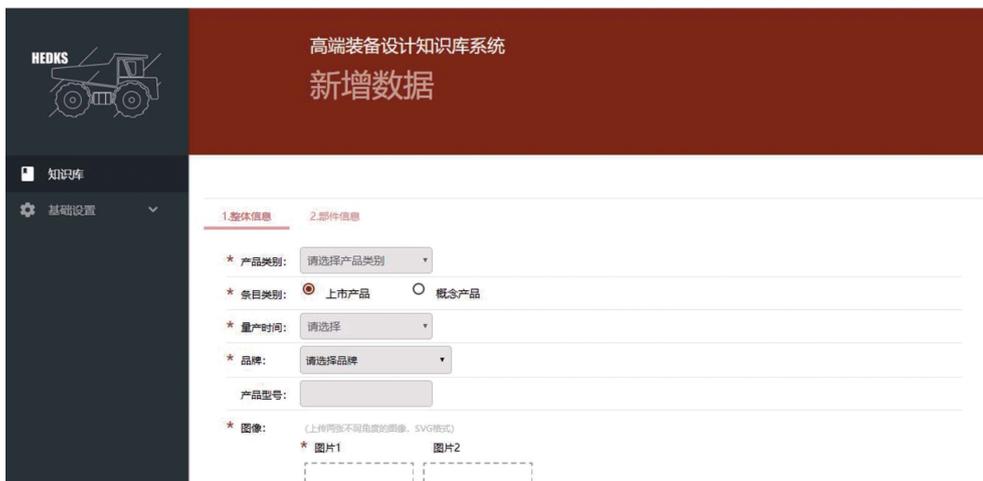


图 11 高端装备工业设计知识库数据上传页面  
Fig.11 Data uploading page of High-end Equipment Industry Design Knowledge Base

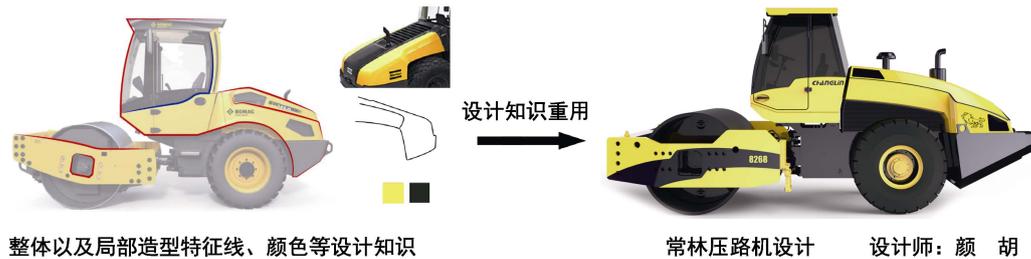


图 12 借助设计知识库的压路机设计案例

Fig.12 Road roller design case with design knowledge base

## 5 结语

本文根据工程机械工业设计相关研究以及设计知识的特点,综合了现代信息论中产品所传达信息的分类,划分了工程机械工业设计知识的三个层次,即外观层次、语义层次以及文化层次,提出了工程机械工业设计知识模型,构建了工程机械工业设计知识库框架。本设计知识库的关键创新点在于面向工业设计,以工业设计领域内高端装备造型设计知识为基础,根据设计思维和设计流程进行框架设计,建立设计知识库管理系统,完成集完整的知识识别、获取、开发、存储、传递、共享等行为为一体的基于 web 的知识库管理系统技术。工程机械工业设计知识库的建立,作为数字化辅助设计资源,有利于设计师快速获取与重用工程机械工业设计知识,大大提高设计效率及产品创新能力。虽然该设计知识库相对于传统的资源库有一些创新点,但受篇幅所限未能详细介绍各部分内容,仍有部分功能亟待完善,比如数据可视化、搜索智能化等方面,希望今后能进一步研究和完善。

### 参考文献:

- [1] 陈友玲,肖莹姣. 面向产品设计的隐性知识获取关键技术研究[J]. 科技进步与对策, 2011(19): 121-124.  
CHEN You-ling, XIAO Ying-jiao. Research on Key Technologies of Tacit Knowledge Acquisition for Product Design[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011(19): 121-124.
- [2] 蒋佳利,陈友玲. 知识网格辅助下基于知识地图的协同产品设计链管理[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(2): 138-141.  
JIANG Jia-li, CHEN You-ling. The Design Chain Management of Collaborative Produce Based on Knowledge Map Assisted Best Wishes by the Knowledge Grid[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011, 28(2): 138-141.
- [3] 陈曦. 基于用户认知的工程机械产品视觉形象设计研究[D]. 济南: 山东大学, 2015.  
CHEN Xi. Research of Construction Equipment Visual Image Design Based on Users' Cognition[D]. Jinan: Shandong University, 2015.
- [4] 李雪楠,赵江洪. 工程机械造型特征与造型语义的一

致性研究[J]. 包装工程, 2013, 34(2): 61-64.

- LI Xue-nan, ZHAO Jiang-hong. Study on Consistency of Form Feature and Semantics of Construction Machinery[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(2): 61-64.
- [5] 卢骁. 工程机械的造型意象与情感化设计[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.  
LU Xiao. The Modeling Image and Emotional Design of Construction Machinery[D]. Changsha: Hunan University, 2014.
- [6] 谭正棠,赵江洪. 基于线型特征和图形特征的品牌产品识别设计[J]. 包装工程, 2014, 35(24): 17-21.  
TAN Zheng-tang, ZHAO Jiang-hong. Brand Product Identification Design Based on Line Feature and Graphic Feature[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(24): 17-21.
- [7] 王贞,赵江洪. 论工程机械品牌的造型特征创新[J]. 装饰, 2013(12): 98-99.  
WANG Zhen, ZHAO Jiang-hong. Form Feature Innovation of Construction Machinery Brand[J]. Zhuangshi, 2013 (12): 98-99.
- [8] 丁寅. 产品造型感知意象及其在产品中的创新性应用研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.  
DING Yan. The Innovative Application Research of Product Modeling Design Based on Perception and Imagery[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2010.
- [9] 陈实,杨智渊,孙凌云,等. 草图设计知识分析方法——结合语音能量和创意拐点[J]. 浙江大学学报(工学版), 2015, 49(11): 2073-2082.  
CHEN Shi, YANG Zhi-yuan, SUN Ling-yun, et al. Research on Design Knowledge Analytical Method During Sketching: Combining Acoustic Energy Feature and Creative Segment Theory[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2015, 49(11): 2073-2082.
- [10] 罗仕鉴,朱上上,孙守迁,等. 产品造型设计中的用户知识与设计知识研究[J]. 中国机械工程, 2004(8): 53-56.  
LUO Shi-jian, ZHU Shang-shang, SUN Shou-qian, et. Case Study on User Knowledge and Design Knowledge in Product Form Design[J]. China Mechanical Engineering, 2004(8): 53-56.
- [11] 李辉,何人可,肖狄虎. 面向设计的地域文化数字资源库研究[J]. 包装工程, 2016, 37(18): 86-91.  
LI Hui, HE Ren-ke, XIAO Di-hu. Regional Culture Digital Resource Database Design-oriented[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(18): 86-91.