

基于产品语义学的工业人形机器人造型设计

岑翼位

华东理工大学艺术设计与传媒学院, 上海

收稿日期: 2025年8月17日; 录用日期: 2025年9月9日; 发布日期: 2025年9月25日

摘要

随着科技的突飞猛进, 工业人形机器人功能日益完善, 市场前景广阔, 然而外观设计仍滞后于技术革新。本研究通过调研市面上现有的工业人形机器人造型, 分析其造型特征。同时基于产品语义学方法, 对工业人形机器人进行造型语义分析, 借助联想、象征的方法确定语义提取对象, 通过几何化处理转化为具体的设计元素, 并对机器人进行色彩语义分析与材质语义分析来确定配色方案与材质搭配, 以此兼顾美感与造型语义传达, 为后续工业人形机器人外观设计与理论研究提供一定有价值的参考。

关键词

产品语义学, 工业人形机器人, 造型设计

Industrial Humanoid Robot Styling Design Based on Product Semantics

Yiwei Cen

School of Art, Design and Media, East China University of Science and Technology, Shanghai

Received: August 17, 2025; accepted: September 9, 2025; published: September 25, 2025

Abstract

With technology advancing rapidly, industrial humanoid robots now boast ever-improving functions and broad market prospects, yet their exterior design still lags behind technical innovation. This study surveys the current forms of commercially available industrial humanoids, analyzing their styling features. Drawing on product semantics, a formal semantic analysis is conducted: associative and symbolic methods identify semantic sources, which are then translated into concrete design elements through geometric abstraction. Color-semantic and material-semantic analyses further define the palette and material combinations. In balancing aesthetics with semantic communication, the research offers a valuable reference for future industrial humanoid robot design and theoretical studies.

文章引用: 岑翼位. 基于产品语义学的工业人形机器人造型设计[J]. 设计, 2025, 10(5): 301-308.

DOI: 10.12677/design.2025.105031

Keywords

Product Semantics, Industrial Humanoid Robots, Styling Design

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 工业人形机器人发展

随着科技的突飞猛进,工业人形机器人技术正以前所未有的速度发展,其功能性和实用性得到了显著提升,预示着一个充满潜力的市场未来。然而,尽管技术层面取得了巨大进步,外观设计领域却显得相对滞后,未能与技术革新的步伐保持同步。因此,必须重视并加强其外观设计的研究与创新,使之与内部技术相匹配,共同推动这一领域的进步。这不仅能够提升产品的市场竞争力,还能够更好地满足用户对于高科技产品在情感和审美上的期待。

1.2. 产品语义学与造型设计

在造型形态设计研究中,产品语义学的应用范围以颇为广泛。于子珈从形态和功能两个语义维度优化了小型快递车的设计,为快递车赋予了情感的同时优化了配送功能[1]。刘金铨将产品语义学运用于智能配送车的改良设计之中,运用产品语义学的方法,对配送车的三个关键方面进行了语义选择,并确定了最终的目标语义定位[2]。江怡飞聚焦于马拉松长跑运动项目,研究消费者对运动饮料包装的形态、颜色、图形和材质的语义需求,提炼出相关语义词汇,并深入剖析运动饮料包装的语义,阐释其包装语义符号的含义,总结出运动饮料包装设计各部分的语义表达[3]。据媛媛在产品符号学理论的框架下,对金属 3D 打印机的造型设计、材料选择、色彩搭配以及加工工艺等关键要素进行了优化与完善。通过这一系列改进,构建了一个更加完善且和谐的金屬 3D 打印机产品符号系统[4]。由此可见,产品语义学通过语义符号来传递产品的外观与功能特征,以此链接产品特征与用户的情感与审美体验。

2. 产品语义学概述

德国乌尔姆设计学院的功能主义传统受到符号学理论影响,克里彭多夫与巴特在 1984 年正式提出“产品语义学”概念,主张产品应通过形态、肌理、色彩等视觉要素构建“可读性界面”,形成用户与产品间的意义传递通道[5]。1983 年美国工业设计师协会(IDSA)组织的“产品语义学研讨会”上,产品语义学得到了清晰的界定:“产品语义学是研究人造物在使用情境中的象征特征,并将其知识应用于工业设计上。这不仅指物理性、心理性的功能,而且也包含心理、社会和文化语境,我们将称之为符号语境。”符号先借由视觉刺激,唤起人们的经验与联想,进而传递其形态所蕴含的意义。产品的外观,正是由这类视觉符号编织而成的整体;外观设计的核心,即是把造型、色彩、材质等要素整合为统一的符号系统,借以表达功能并彰显特征[6]。

3. 工业人形机器人外观设计现状

在过去的二十年里,人形机器人领域呈现出快速发展的态势,其应用范围已广泛覆盖娱乐示教、临床医疗、服务业等多个行业。由于人形机器人拥有巨大的市场潜力和发展空间,吸引了全球众多高校和

科研机构投身于相关研究。随着研究的不断深入，学者们开发出了形态各异、结构多样的人形机器人样机，持续优化其控制算法，提升感知能力，并增强运动性能，使机器人的运动方式不再局限于传统的步行、跳跃和跑步等模式。在人形机器人研究领域起步较早并积累了丰富经验的国家，如日本和美国，在该领域取得了许多先进的科研成果。相比之下，我国在人形机器人领域的研究起步较晚，但近年来，在国内学者的不懈努力下我国人形机器人相关技术发展迅速，例如北京具身智能创新中心研发的“天工”系列人形机器人奔跑速度达 12 km/h、可连续攀爬 134 级台阶，是目前公开报道中室外连续攀爬能力最强的全尺寸人形机器人。然而，通过调研发现，人形机器人的外观形态与其日益精进的内部技术正渐行渐远，呈现出反向背离；而国内针对其造型的研究尚属稀缺，改革与创新的步伐亟待加快。

本文对国内外的人形机器人产品进行了调研分析，并从中选取了 7 款有代表性的产品，从设计语言、色彩、材质工艺、人机交互与品牌战略五个维度进行分析，相关分析详见表 1。通过调研发现，8 款人形机器人设计语言都偏向于科技感与工业感，同时保持“非拟人化”，部分工业型机器人强调力量感与肌肉感；材质方面大多采用轻量化的铝合金与塑料，保证强度的同时起到减轻重量与加强散热的效果；色彩方面都“去彩色化”，采用黑、白、灰等颜色来适配工业车间场景；人机交互方面大多可以通过语言对话交互，部分机器人采用灯光颜色的变换来展现工作状态；在品牌战略方面，工业型人型机器人大多为弥补劳动力缺口与替代高风险与劳累工作。

Table 1. Analysis of humanoid robot
表 1. 人形机器人产品分析^①

造型	品牌	设计语言	色彩	材质工艺	人机交互	品牌战略
	Figure 02	强调科技感与工业实用性，保留机械特征	黑色、金属灰，适合工业车间场景	轻量化合金、塑料	自然语言对话	以造福人类为公司宗旨，致力于“弥合劳动力缺口、提高制造效率、确保高风险工作安全”
	小米 Cyber1	无肌肉感曲面，以银白柔和曲面与黑色关节点缀构成高对比几何切割	白色，黑色，适合家庭场景	铝合金、abs 塑料	自然语言对话、情绪识别、交互记忆	先“服务人”再“进家庭”，小米生态的“终极终端”
	波士顿 atlas	外观无面部、机械结构外露 + 结构功能一体化，传递“性能优先”的功能美学	金属原色、黑色，与工程不锈钢环境相融合	铝合金	头部光环颜色、动作语言、软件控制	不做家用，专攻“重体力、高风险”工业环节

续表

	Apptronic	保持“非拟人”感，机械关节直接作为视觉元素出现，强化“肌肉-机械混合体”的工业美感	工业灰，强调可靠性，与工厂不锈钢工作台、铝型材护栏自然融合	铝合金、钛合金	机身动作与灯光交互，支持人手直接拖拽	走出实验室，走进产线
	特斯拉 optimus	肩线、腰线和手臂过渡全面圆角化，但仍刻意保持“非拟人化”	灰白色、黑色，适合工业车间场景	铝合金、尼龙	自然语言对话、动作学习	先工业后消费
	傅里叶 GB-1	模块化设计、强调科技感	黑色、紫色，保持“工业设备”的调性	铝合金、塑料	Ros 话题发布，支持人手直接拖拽	靠算法授权、数据服务、开发者生态盈利，让人形机器人从“贵族科研”变成“平民实验”
	宇树 G1	中空头部与外露关节实现功能-视觉一体化，强调工业感与科技感	金属银、黑色，与工厂不锈钢工作台、铝型材护栏自然融合	铝合金、塑料	自然语言对话、支持人手直接拖拽	把人形机器人从“实验室”拖入“大众商品”

4. 基于产品语义学的工业人形机器人造型设计思路

时序视角下，产品语义的提取可划分为语义采集、语义加工与语义精炼三阶递进过程[7]。本研究通过调研结果，针对产品语义和设计元素对工业人形机器人的造型设计进行研究与优化。首先提取工业人形机器人的形态语义，进而进行语义分析与形态提炼，并于机器人本身形态与结构适配，从而得到形态设计元素与符号。此外，通过色彩语义与材质语义分析来加强机器人的外形语义传达。

4.1. 语义提取

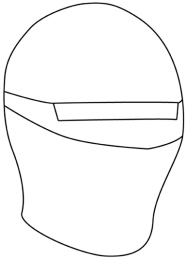
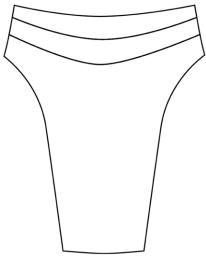
形态语义是指产品在设计过程中，在具有本身属性功能的同时，产品的整体外观设计能在不需要经过过多的联想和思考就能理解产品本身与产品产生共鸣[8]。形态语义借助仿生、隐喻与象征机制，将产品的内在价值转译为可感知的形式语言，既塑造外在造型，又唤起情感与精神共鸣。它充当整体意义的阐释框架，为设计提供关键元素；其路径始于功能特征解析，经由联想与仿生，提取并重构设计元素，使产品语义在形态层面得以完整呈现[9]。结合工业人形机器人的工作环境、产品特性和用户感知，通过联想与象征的方式，将语义关键词总结提炼为“力量、安全、科技”。

4.2. 形态语义分析

工业人形机器人的造型设计必须严格对应机体的机械结构，以此为基础设计出恰当的外观，这种思路在某种层面上可以被理解为“为机体披上一层现代盔甲”。与此同时，依托“力量、安全”的形态语义核心，选取“中世纪骑士盔甲中的头盔”作为语义提取的样本，对其蕴含的象征意义与美学特征进行系统剖析，并据此展开工业人形机器人的造型推导。

与整体铠甲相比，中世纪骑士头盔拥有更为显著的形态辨识度；至十五世纪，头盔的制造工艺愈发精细，造型语言亦趋于成熟，既充分彰显骑士的力量感，又因对面部的完整包裹而带来强烈的安全暗示。因此，本研究选取十五世纪的埃尔梅特式头盔作为语义提取对象。埃尔梅特式头盔的冠部与颅骨弧线精准贴合，可升降的护面由尖锐脊线逐渐过渡为平缓弧面，整体呈现浑厚而流畅的体积感[10]。通过先提取埃尔梅特式头盔的造型形态，进而进行几何化处理来得到设计元素，详见表 2。

Table 2. Transformation of the Elmet-style helmet styling
表 2. 埃尔梅特式头盔形态转化^{②③}

原型	形态提取	几何化处理
		

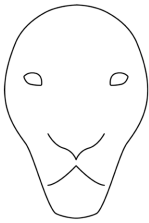
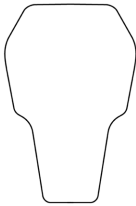
同时，考虑到工业人形机器人形体部位较多，单一的语义元素不足以支撑整体造型的表达，因此引入另一辅助语义提取对象。形态语义最基本的设计策略为仿生设计。设计师借助自然界现存的形态或元素进行提取与转化，并将其应用于人们日常生活的各个领域，由此形态符号所承载的寓意便与人之间构建了一种独特的关联[11]。结合“力量”的形态语义，选取“狮子脸型”作为仿生元素，并以此提取形态符号运用于工业人形机器人造型设计之中。同样地，也采取提取“狮脸”的外表形态与几何化处理的方式来得到设计元素，详见表 3。

4.3. 色彩语义分析

色彩是产品外观最先被感知的视觉要素，它不仅塑造产品外形也影响用户的情绪感受；恰当运用色彩语义，可精准传递功能属性与情感意向[12]。结合“科技感”语义，以及工业人形机器人的特性，希望

选取更加理性、现代的色彩语义。色彩语义分析将依托日本色彩设计研究所构建的“色彩形象坐标”。该机构遴选 130 种具心理表征力的代表色，形成色相与色调体系，并筛选 180 个感性形象词，把颜色与语言对应，组合成三色配色群，作为配色基准加以归类，由此确立“色彩形象坐标”[13]。结合“色彩形象坐标”与所需色彩语义，选取金属银为主色彩，黑灰色为辅色彩。金属银传达出现代、精致的语义，黑灰色则传达出有格调的，敏锐的语义，两者相结合体现出工业人形机器人的科技感、现代感与品质感。

Table 3. Transformation of the lion-face styling
表 3. 狮脸形态转化^{②③}

原型	形态提取	几何化处理
		

4.4. 材质语义分析

材料的质感影响用户对于产品的心理感受。不同材料各秉特性，经加工与表面处理，呈现差异肌理、光泽与质地，借视觉与触觉同步传递信息，从而提升整体美感，并为产品注入更精准丰富的情感意涵[14]。材料的语义表达通常采用感性形容词描述的方式，详见表 4。工业人形机器人材质的选取需要满足产品的物理特性，同时表达“科技、理性”的语义内涵。机器人需要良好的导热性和强度，金属材料可以满足要求，同时传达出科技、安全、高质的语义。另外考虑到机体重量等因素，同时选用塑料材质，可采用电镀工艺来达到金属的质感。

Table 4. Sensory adjective descriptions of different materials
表 4. 不同材质的感性形容词描述

材质	感性形容词
塑料	轻盈、柔韧、细腻、多样
金属	冷峻、科技、精密、坚实
木材	温润、质朴、沉静、亲和
皮革	醇厚、柔软、奢华、感性
玻璃	通透、光滑、脆弱、活泼
橡胶	人造、束缚、厚实、呆板

5. 基于产品语义学的工业人形机器人造型设计实践

本研究将产品语义学方法融入工业人形机器人造型设计之中，通过提取与分析“中世纪埃尔梅特式头盔”、“狮子脸型”的形态语义内涵，加以几何化处理，以此作为机器人造型设计的设计元素，以此传达造型的“力量感、安全感”。机器人造型设计分为头部、身甲、肩甲、手臂、腿部与脚部。本研究将

“埃尔梅特式头盔”元素应用于机器人身甲部位，主要基于以下三点考虑：身甲作为机器人面积最大、最居中的部分，是用户视觉停留的首要区域，适合承载主要语义信息；头盔象征“保护”与“防御”，与工业机器人在高危环境中“保障安全”的功能属性相契合；头盔的弧面易于与机器人胸腔结构融合，便于设计与制造。而将“狮子脸型”元素应用于肩甲部位，则因其在视觉上具有“横向扩展”感，能够强化机器人“力量感”的传达，同时肩部的结构强度也适合承载较为复杂的形态语言。此外，在其他部位将融合灯光等设计元素，来体现机器人造型的“科技感”与“理性”。在色彩方面，主要采用金属银与黑色的搭配。金属银体现出造型的现代感与精致感，黑色兼具理性与力量感，二者的结合不仅能够更换传达机器人的造型语义，同时使得配色更有层次。材质方面，金属材质具有良好的安全性和散热，同时兼具“科技、高质”的语义。同时考虑到机体的重量，采用塑料材质进行搭配，部分采用电镀工艺来模拟金属的质感，以达到视觉的平衡与统一，部分则保持塑料质感，来增加整体材质的层次感。机器人造型设计方案最终如图1所示。

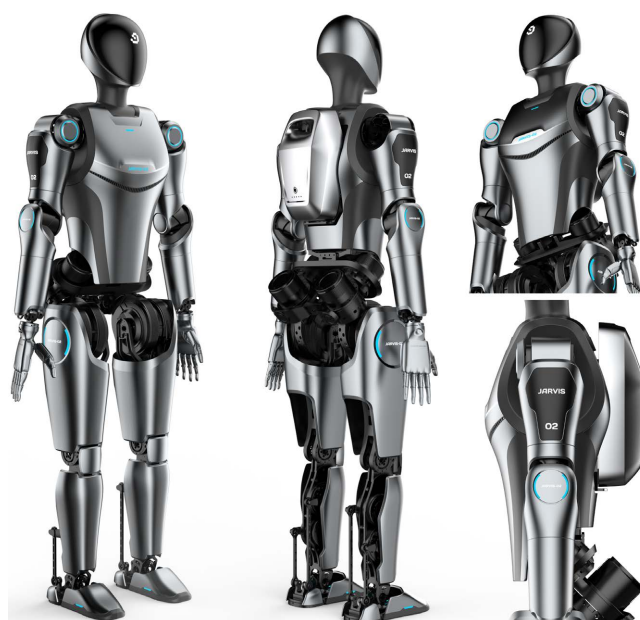


Figure 1. Design proposal presentation
图1. 设计方案展示^④

6. 结语

针对工业人形机器人技术高速发展但外观造型设计相对落后的现状，本研究提出了一种结合历史符号学与仿生学的机器人语义设计路径。通过桌面调研与文献研究，分析现有人形机器人产品造型特点，同时将产品语义学方法引入机器人的造型设计之中，选取经典的“埃尔梅特式头盔”与自然形象“狮子脸型”作为语义提取对象，在提升机器人外形的美感的同时，增加对于“力量、科技、安全”的造型语义传达，进而提升产品的整体竞争力，同时为后续人形机器人外观造型设计提供理论参考与支撑。然而，受制于样本数量、分析手段的不足，设计仍存在一定的主观性与局限性，未来可开发一套参数化的设计系统，将语义关键词与形态参数相关联，辅助设计师进行快速的造型迭代与评估。

注 释

①表1来源：百度图片，<https://image.baidu.com/>

②表 2, 表 3 原型图来源: 百度图片, <https://image.baidu.com/>

③表 2, 表 3 线稿图来源: 作者自绘

④图 1 来源: 作者自绘

参考文献

- [1] 于子珈. 基于产品语义学的小型快递车创新设计研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 鲁迅美术学院, 2021.
- [2] 刘金铄. 基于产品语义学的智能配送车改良设计[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京化工大学, 2024.
- [3] 江怡飞. 基于产品语义学的运动饮料包装设计研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉轻工大学, 2024.
- [4] 琚媛媛. 基于产品符号学的金属 3D 打印机设计研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京工业大学, 2024.
- [5] 侯敏枫. 汽车车身形态仿生设计研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [6] 丁小龙. 产品语义学对产品外观设计的影响[J]. 信息系统工程, 2014(1): 103, 91.
- [7] 李然, 支锦亦, 肖江浩, 等. 产品语义提取方法及流程研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 132-137.
- [8] 戴瑞, 吴卫. 产品形态设计语义与传达[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [9] 杨惠, 杨爱慧, 吕春贺. 基于产品语义学的物流机器人造型设计研究[J]. 工业设计, 2023(10): 28-31.
- [10] 江霄霄. 西欧中世纪骑士装备审美特征探究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京服装学院, 2023.
- [11] 李泽宏, 张玲玉, 胡蝶. 基于产品语义学的消杀扫地机器人外观设计研究[J]. 工业设计, 2022(7): 65-67.
- [12] 闵智颖, 李琦. 基于产品语义学的飞行汽车外观设计[J]. 工业设计, 2024(10): 69-72.
- [13] 周灿. 基于色彩形象坐标的家居空间配色设计研究[J]. 装饰, 2023(6): 142-144.
- [14] 杨启星. 感性意象约束的材料质感设计研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2006.