

Analysis of the design strategy of aero engine appearance under the industrial design concept

Xiangdong Lei

Jiangsu Hangdu Power Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225200, China

Abstract

In the field of aviation engine design, the quality of the appearance design directly impacts the overall performance of the aircraft engine. The better the appearance design, the more it can inform customers about the industry's development and potential, and it also reflects the technological advancement of our country. Industrial design emphasizes integrating knowledge from science and technology, art, aesthetics, and engineering to systematically analyze industrial products and optimize design methods from multiple perspectives, thereby enhancing the quality of product design. This article focuses on the strategies and methods for the appearance design of aviation engines under the industrial design concept, aiming to improve the design quality and performance of aviation engines, facilitating their innovative development in the new era, and providing a reference.

Keywords

industrial design, aero engine, appearance design

浅析工业设计理念下航空发动机外观设计策略

雷向东

江苏航都动力有限公司, 中国·江苏扬州 225200

摘要

在航空发动机设计领域中, 其外观设计质量, 对于整个航空发动机的运行性能有着直接的影响。航空发动机的外观设计效果越好, 越能够帮助客户对发动机行业产业设计的发展与潜力产生信息, 越能够代表我国的科技发展水平。工业设计强调将科技、艺术、美学以及工程学等知识综合在一起的基础上, 对工业产品进行系统性分析, 并从多个不同的角度优化产品设计方式, 提高产品设计质量。本文重点分析了工业设计理念下, 航空发动机外观设计的策略与方法, 旨在提高航空发动机的设计质量与设计性能, 为航空发动机在新时代下的创新发展提供便利, 以供参考。

关键词

工业设计, 航空发动机, 外观设计

1 引言

在现代化航空领域的发展过程中, 航空发动机是机身上必不可少的动力装置, 对于飞机的飞行稳定性与高效性有着决定性影响。但是, 在国内航空事业发展速度不断加快的今天, 人们对于航空发动机的综合品质要求也越来越高。以工业设计理念为指导, 对航空发动机外观进行优化设计, 不仅可以提高航空发动机的实用性、标准性与美观性, 还可以让航空发动机更具有创新价值、人文内涵。但是, 如何利用工业设计理念优化航空发动机的外观设计, 依然是一个值得深入思考的问题。

2 工业设计理念对航空发动机外观设计的积极影响

2.1 提高航空发动机的实用性

在航空发动机的外观设计中, 在工业设计理念的指导下对航空发动机进行合理规划, 能够显著增强其运行效力, 便捷其使用性能。例如, 俄罗斯的 AL-31 发动机采用了钻洞式安装方式, 只需要使用 8--10 人, 就可以在 1.2--2 小时内完成一台发动机的拆卸或安装。另外, 美国 F110 发动机采用了有滑轨安装方式, 只需要使用 4--6 人, 就可以在 0.5 个小时内, 利用滚轮-连杆系统, 通过滑轨内部滑道滑动的方式完成发动机的拆卸或安装。发动机的装配性能更强, 后期维护更加便捷。

2.2 提高航空发动机的美观性

站在产品的市场定位角度分析, 航空发动机的使用者与决策者、维护者等分别属于不同的群体。所以在航空发动机的产品设计当中, 不仅要这三类群体角度出发, 优

【作者简介】雷向东(1986-), 男, 中国贵州贵阳人, 本科, 从事航空发动机设计研究。

化航空发动机的运行性能与运行质量，还要对航空发动机的外观美观性进行提升，确保航空发动机既“美观”又“实用”，进而使这三类群体对航空发动机的可靠性与优质性产生认可。

2.3 提高航空发动机的标准性

近几年来，无论是国内的航空发动机设计，还是国外的航空发动机设计，都表现出了明显的系列化与家族化发展趋势。即在初始的航空发动机设计上，衍生出了航空发动机发展型与增强型。也就是说，同一家航空发动机，在保证设计本质不改变的基础上，推出了不同造型的航空发动机结构件。而工业设计理念的应用，则是强调对航空发动机进行标准化设计，使航空发动机的结构件设计质量相一致，使各结构件的设计理念与设计规范相协调。这样，就可以标准化的标识设计、接口设计、紧固件设计等，降低航空发动机的生产成本与运维成本，提高航空发动机的运行稳定性与高效性。

2.4 改善航空发动机的操作体验

随着国内航空发动机领域的发展，人们对于航空发动机的外观、性能、安全性、使用维护便捷性以及对外界环境的适应性提出了更高的要求。对航空发动机操作体验影响较大的人机工程因素也受到高度的重视。目前，在航空发动机设计工作中，人机工程设计与评估已经成为必不可少的一个环节。将人机工程学的相关知识点应用到航空发动机设计创新当中意义重大^[1]。通过优化设计来改善航空发动机的操作体验，主要涉及到航空发动机的安全设计、防错设计、容错设计、规范性设计、高效性设计等环节。针对航空发动机的操作体验验证，可以通过虚拟仿真方式展开，即利用虚拟仿真技术构件一个专门的航空发动机操作环境，然后再对航空发动机的相关性能与操作进行验证。

2.5 提高航空发动机的创新度

航空发动机的创新性非常强，且与技术创新相比，工业设计表现出了投入成本低、设计周期短、回报率高、运行风险低等应用优势，不仅可以利用可视化的方式将解决方案呈现出来，还可以让航空发动机更具有市场竞争力。利用工业设计理念指导航空发动机的设计工作，能够增强航空发动机的识别特征与设计风格，让人们充分体会到航空发动机设计的科技效果，进而对国内航空发动机技术赶超欧美国家先进水平产生信心。工业设计理念对航空发动机的创新发展的影响主要体现在对航空发动机的功能、结构、布局、造型、外观、色彩、材料、工艺以及识别特征的创新等方面。

2.6 提高航空发动机的人文价值

对国产的航空发动机设计的功能、结构与外观特征进行分析，发现带有浓厚的俄系、美系发动机设计元素。但是，航空发动机的设计与发展关系着国家的未来发展，应当带有醒目的国家特色^[2]。也就是说，在对航空发动机进行设计的时候，不仅要重视其性能的提升，功能的丰富，还要通

过航空发动机的外在色彩、造型、标识等突出我国的人文理念。只有这样的航空发动机，才能够更好地激发国人的家国情怀。

3 工业设计理念下航空发动机外观设计策略

3.1 整机造型设计策略

在工业设计理念下，航空发动机的整机造型设计，应当对尾喷口造型设计的辨识度进行重点增强。例如，F135发动机尾喷口就采用了锯齿形结构设计。这样的设计从功能角度分析，可以让尾部热流有充足的与冷空气接触面积，从而加快混合降温，削弱红外辐射信号，实现多角度的雷达信号反射。从外观造型角度分析，这样的设计能够让人产生锐利和急速的感觉。波音787的航空发动机采用了锯齿形花边结构设计。从功能角度分析，这种设计对发动机尾端的冷热气混合方式进行了改变，发动机运行期间产生的噪音更小，飞机降噪材料的消耗也更少。而这，就从整体上降低了航空发动机的重量与耗油率。从外观造型角度设计，这种设计让航空发动机的设计细节更优、视觉冲击更强。

3.2 材料与加工工艺设计策略

在工业设计理念下，材料与加工工艺对于航空发动机的设计质量影响非常大。所以，必须要对材料与加工工艺设计工作的开展予以高度的重视。首先，从性能可靠、技术先进、成本低廉等角度，对航空发动机的材料与加工工艺进行控制，确保能够从材料与加工工艺角度突出航空发动机的设计水平。例如，GE9X发动机的风扇机匣和叶片设计（如图1所示），就以复合材料的应用为组合，可以保持机身外观可视面积区域的一致性^[3]。而EJ200发动机的进气机匣、风扇机匣就采用的是锻造机加工工艺，外表呈现亮光金属色。而外涵机匣、加力筒体采用的是化学铣菱形格栅加工工艺，外表呈现亚光金属色。



图1：GE9X发动机复合材料风扇机匣和叶片

3.3 新工艺新材料设计策略

在工业设计理念下，将3D打印技术等新工艺、树脂基复合材料等新材料应用到航空发动机外观设计中具有十分重要的意义。例如，GE9X发动机的外观设计中，就利用3D打印技术制造出了超过300个零件。LWAP发动机也利

用3D打印技术制造燃油喷嘴(如图2所示),并将20个零件组装打印成型,使零件重量和成本分别减少了25%、30%,使零件的使用寿命较之以前延长了5倍。而LEAP-1C发动机的进气整流罩和反推装置就对树脂基复合材料进行了充分的应用,利用这种材料的重量轻、比强度高、抗疲劳性强、耐腐蚀性好等优势实现了材料与结构的同时成型,保证了航空发动机结构强度与重量控制双重需求同时满足。



图2: LWAP 发动机燃油喷嘴

3.4 人机功效设计策略

在工业设计理念的指导下,航空发动机的外观设计不仅具有较强的美观性,还具有较强的操作便捷性,并且在“人-机-环境”系统和“以用户为中心”的辅助下,减轻操作人员的操作疲劳感、降低发动机的运行出错率,增强发动机的运行效率。例如,F119发动机就利用一体化无掉落快卸复材卡箍设计。这种设计极大地提高了发动机拆卸与安装的便捷性。EJ200发动机的放油磁塞位置采用的是快卸借口设计。这种设计极大地提高了发动机后期运行维护的便捷性与高效性。

3.5 整机色彩设计策略

在工业设计理念的指导下,航空发动机的外观设计应当将大面积低纯度的色彩作为整机主体色彩。例如,可以将沉着、稳定、舒适的高明度、低纯度颜色作为航空发动机整机主体色彩,以突出航空发动机的可靠性与安全性^[4]。另外,如果想要突出某种警示或提示作用,可以使用小面积的高纯度色彩,让发动机整机主体色彩产生变化。然后再辅助以中性色彩过渡,提升整个航空发动机外观色彩效果的协调性与统一性。例如,F135发动机匣类部件就将金属本色作为主体色彩;附件采用过渡色彩,以灰色为主;堵盖因为需要拆卸,所以采用具有强烈提示性作用的色彩,如高纯度黄色。

3.6 视觉传达设计策略

在工业设计理念下,航空发动机的附件标志标牌设计应当以简洁、鲜明、明朗、醒目等优势,以方便人们识别、理解与记忆。另外,还要保证标志标牌设计的美观性,给到人以美的享受。首先,要利用美学原理,对标识的艺术特征

进行增强,确保航空发动机的标识造型既符合使用需求,又具有特殊的美感。其次,在航空发动机附件标志标牌设计过程中,不仅要提升标识的整体性、通用性与稳定性,还需要重点突出标志标牌设计的人性化特征,使其即便处于复杂条件下,也具有较强的辨识度。

4 工业设计理念下航空发动机外观设计注意事项

在工业设计理念下,航空发动机的外观设计需要本着提升航空发动机功能与性能的目的,对航空发动机的整机布局、结构与造型进行优化和完善,确保航空发动机的外观造型精美、结构功能完善,运行性能符合预期。首先,在航空发动机的设计初期阶段,需要对材料的选择与使用、加工工艺手段的调整和优化予以重视,然后借助材料与加工工艺的一致性设计提升航空发动机外观质量与内在性能之间的协调性,以实现航空发动机上的各种零部件达到“人”“产品”“环境”的整体和谐。其次,针对航空发动机的复杂结构零部件设计,不仅要对新工艺新材料进行有效的应用,还要适当的融入一些艺术性原色,通过线条、形状、纹理、颜色等元素的应用让航空发动机的外观设计同时兼具美观性与可靠性。再次,在人机功效的基础上,对航空发动机的维护结构进行优化设计,提升航空发动机维护结构布局的合理性。防漏油效果的优良性、高温结构的隔热性等性能。最后,对航空发动机的整机色彩进行优化设计,将灰色、白色、蓝色、淡绿色等中的一种或两种作为整机主体颜色。针对需要拆卸或维护的部件,需要选用高纯度颜色,确保其能够与航空发动机主体颜色相区分。

5 结语

综上所述,工业设计理念对于航空发动机的外观设计具有较强的指导性作用,能够显著提高航空发动机的外观设计质量。对此,在实际设计过程中,为了将工业设计理念的指导作用充分发挥出来,需要对这一设计理念进行持续而深入地研究,并从航空发动机的整机造型设计、材料与加工工艺设计、新工艺新材料设计、人机功效设计、整机色彩设计与视觉传达设计等方面入手,全面提高航空发动机的外观设计水平。

参考文献

- [1] 孙军华,秦浩,韩冰,等.航空发动机装配外观缺陷检测技术应用与发展[J].航空动力,2024,(06):32-35.
- [2] 陈玉超.航空发动机叶片微痕的光谱检测技术研究[D].湖南工业大学,2024.
- [3] 李同日.工业设计视角下航空发动机外观设计研究[J].工业设计,2023,(10):157-160.
- [4] 武杏楷.航空发动机零部件机械加工过程质量管理体系改善研究[D].长春工业大学,2021.