

基于视觉动力理论的减速机造型设计

尚会超, 李婷, 付晓莉
(中原工学院, 郑州 451191)

摘要: **目的** 对减速机造型设计进行优化, 提高减速机造型的视觉动力平衡敏感度及造型审美感知。**方法** 以R系列减速机为例, 系统分析视觉动力的概念及类型, 建立减速机视觉力组群, 从减速机功能、形态角度对其进行结构分解, 阐明其主体、辅体形态视觉动力之间的关系。**结论** 借助视觉动力理论中视觉受力表达可建立减速机造型设计问题的视觉动力体系; 通过对功能和形态视觉力组群研究, 得到了减速机主体、辅体形态视觉动力的设计方法; 应用几何主体确定设计方法、细节分割调整表达方法, 针对减速机造型设计中主体设计、辅体中法兰、散热纹设计等具体细节设计问题进行研究, 提出了减速机主体、法兰、散热纹设计的视觉动力规律, 为减速机造型设计提供了规律化和系统化的解决方案。

关键词: 视觉动力; 造型设计; 主体形态; 辅体形态

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)24-0168-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.24.027

Reducer Modeling Design Based on Visual Dynamic Theory

SHANG Hui-chao, LI Ting, FU Xiao-li

(Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 451191, China)

ABSTRACT: The work aims to optimize the modeling design of reducer to improve visual dynamic balance sensitivity and aesthetic perception of reducer. With R series reducer as an example, the concept and type of visual dynamics were analyzed systematically, and the visual force group of reducer was set up. The structure decomposition was carried out from the perspective of the function and form of the reducer, and the relationship between the visual dynamics of the main body and auxiliary body forms was clarified. With the help of the visual stress expression in the visual dynamic theory, the visual dynamic system of reducer modeling design can be established. The design methods for visual dynamics of the main body and auxiliary body of the reducer are obtained, based on the research on the functional and morphological visual force groups. The geometry main body determination design method and detail segmentation adjustment expression methods are applied to study specific detail design issues, such as the main body design in the reducer modeling design, and the design of flange and heat dissipation patterns in the auxiliary body. The visual dynamic law of the main body, flange and heat dissipation patterns of the reducer is proposed to provide a regular and systematic solution for the reducer modeling design.

KEY WORDS: visual dynamics; modeling design; main body form; auxiliary body form

视觉动力平衡设计是工业产品设计中一种较为独特的设计方法, 美国艺术心理学家鲁道夫·阿恩海姆^[1]最早对视觉动力进行研究, 对视觉动力的产生与再现进行了阐述。苏志岩^[2]提出了以视觉动力理论

为基础, 探究视知觉形式动力表现与艺术功能的实现。卢向往等^[3]阐明了视知觉形式生成的动力机制对艺术表现的重要作用。蔡盼^[4]提出了运用视觉动力理论, 从视知觉心理方面切入, 探求从视觉上创造充满

收稿日期: 2019-07-19

基金项目: 河南省教育厅重点科技计划项目(16A410006); 郑州市科技攻关项目(20150481)

作者简介: 尚会超(1974—), 男, 河南人, 博士, 中原工学院副教授, 主要从事机电系统设计、自动检测与智能控制研究。

通信作者: 李婷(1987—), 女, 江西人, 中原工学院硕士生, 主攻现代产品设计及优化研究。

活力的博览建筑动态空间的规律和可行性方法。李闽川^[5]建立了视觉动力审美理论的基因库，为建筑审美领域提供了一个新的途径和方法。陈猛^[6]提出了用视觉意向与产品关键特征线的映射关系探究轮式拖拉机的造型设计。付晓莉等^[7]从品牌文化和概念特征方面对减速机造型进行了研究。聂守宏^[8]提出了品牌特征的产品造型设计实现途径，探究企业产品品牌特征与造型设计特征的关联性。综上所述，基于视觉动力的产品造型设计研究在减速机产品领域仍是缺乏的。在满足减速机功能实用性的前提下，通过对国外品牌减速机视觉力分析，本文提出了一种减速机视觉动力设计方法，并科学运用于减速机造型设计，提高减速机造型的视觉敏感度和正确的造型审美感知。

1 视觉动力的类型

视觉动力感知过程是从对空间的形态和展品的注意到引进兴趣、产生联想、激起欲望的认识过程，是人脑对视觉上和主观状态的整体综合反映，见图 1。视觉动力则是以原始图形为基准图形，上下、左右、四周以视觉受力形式出现，这种视觉力集合所组成的视觉受力总和又称视觉力组群，视觉力组群由两部分组成，一部分为力的朝向图形外部组群，另一部分为力的朝向图形内部组群。根据视觉受力基准要求，将原始图形以二维、三维视图表现，归纳总结为 4 类视觉动力群^[9]，见表 1。

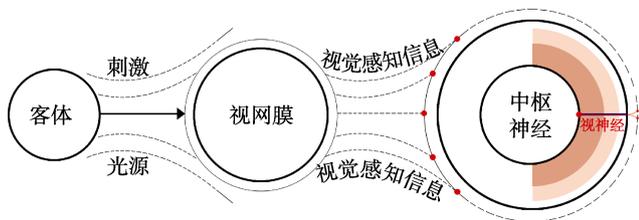


图 1 视觉动力感知过程
Fig.1 Visual dynamic perception process

表 1 视觉动力类型及受力表达方法
Tab.1 The type of visual dynamics and the method of stress expression

视觉力组群	二维	三维
纵向 F_{po}		
横向 F_{tr}		
环向 F_{ci}		
法向 F_{nd}		

2 减速机类别

工业通用减速机分为四大系列：F 系列平行轴斜齿轮减速机、K 系列斜齿轮—伞齿轮减速机、R 系列硬齿面减速机、S 系列斜齿轮—涡轮减速机。

3 减速机的视觉动力体系

减速机一般用于低转速大扭矩的传动设备，把电动机、内燃机或其它高速运转的动力通过减速机输入轴上的齿数少的齿轮啮合输出轴上的大齿轮来达到减速的目的。R 系列减速机结构图见图 2。

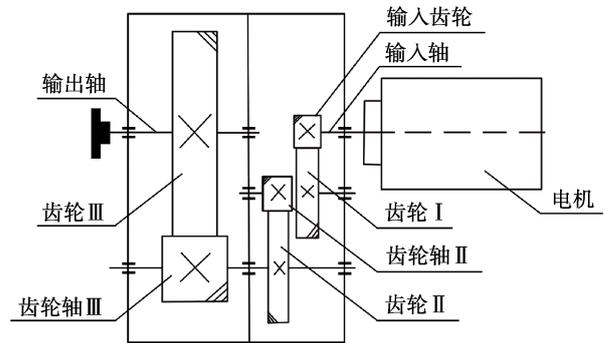


图 2 R 系列减速机结构图
Fig.2 Structure diagram of R series reducer

减速机主要由传动件(齿轮、轴等)与支撑件(箱体、盖板、法兰等)组成。其视觉动力主要由功能视觉力组群、形态视觉力组群组成。其中包括减速机主体、辅体、视觉力组群基准三大元素。减速机造型设计分为 S_1 — S_6 的设计位置见图 3。其中， S_1 为箱体底面， S_2 为箱体右侧， S_3 为箱体顶面， S_4 为箱体左侧， S_5 为箱体后面， S_6 为箱体前面。

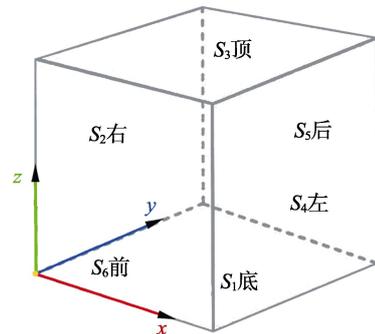


图 3 减速机箱体位置 S_1 — S_6
Fig.3 Reducer box positions S_1 — S_6

3.1 功能视觉力组群

在满足减速机功能视觉力要求的前提下，以 R 系列斜齿轮减速机为例，将功能视觉力组群 F_{vf} 分为输出轴轴向负载 F_A (拉力与压力)、输出轴径向力 F_X ，减速机的功能视觉力组群 $F_{vf}=(F_A, F_X)$ ，见图 4。

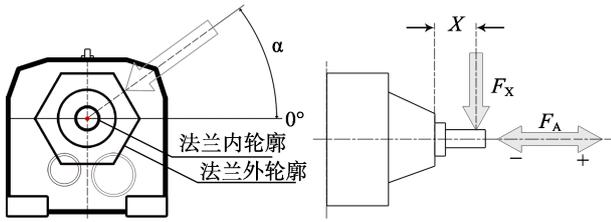


图4 功能视觉动力受力简图

Fig.4 Force diagram of functional visual dynamics

3.2 形态视觉力组群

在满足形态视觉力要求的前提下,将形态视觉力

组群 F_{mv} 分为主体形态视觉动力群 F_{sf} 、辅体形态视觉动力群 F_{fa} , 形态视觉动力组群元素 F_c , 减速机的形态视觉力组群 $F_{mv}=(F_{sf}, F_{fa}, F_c)$, 见图5。

1) 主体形态视觉动力群 $F_{sf}=(F_{dc}, F_{da})$, 是由减速机 S_6 的视觉动力形态 F_{dc} 确定与形态细节 F_{da} 调整组成。通过正方形内画对角线, 并以对角线为半径画弧线, 相交于底边延长线, 将减速机 S_6 形态按矩形的形态闭合后, 呈现出 $\sqrt{2}$ 矩形的视觉力均衡形态^[10]。再由 F_a-F_p 的视觉动力分割点^[11]进行内部视觉平衡细节调整, 得到最终形态。参照几何主体确定及细节分割调整表达方法见图6。

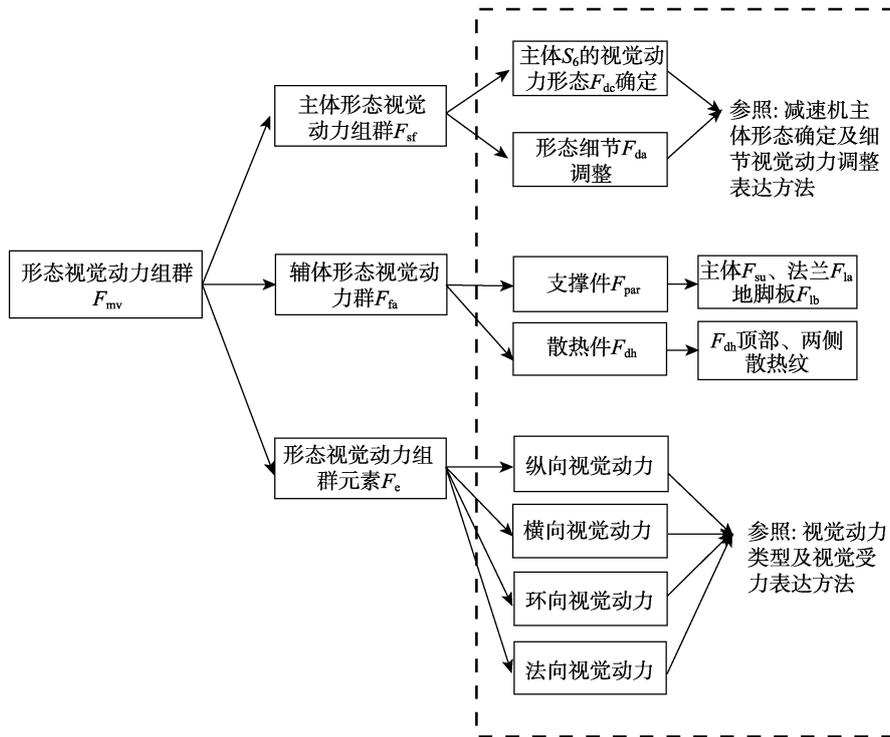


图5 减速机形态视觉动力组群体系

Fig.5 Visual dynamic group system of reducer form

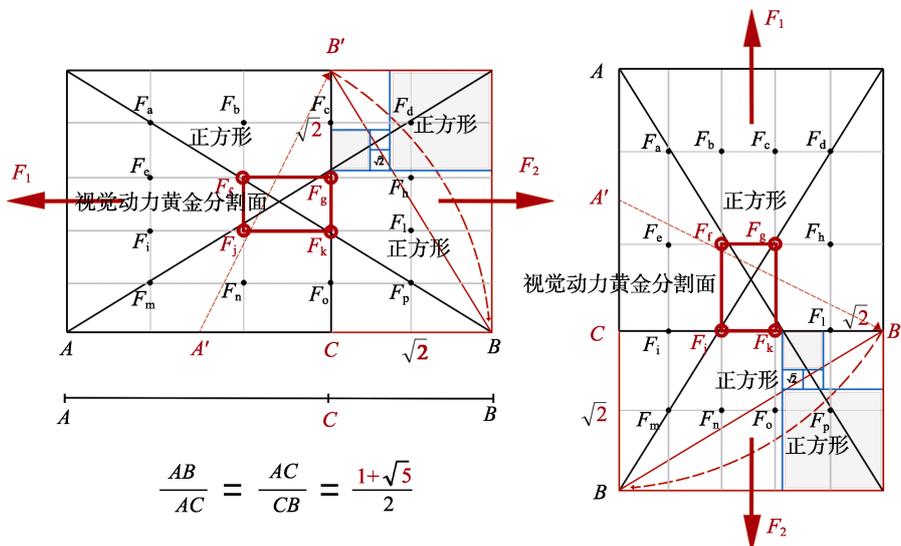


图6 减速机几何主体确定及细节分割调整表达方法

Fig.6 Reducer's geometry main body determination and detail segmentation adjustment expression method

2) 辅体形态视觉动力群 $F_{fa} = (F_{par}, F_{dh})$ 。支撑件 F_{par} 主要由主体 F_{su} 、法兰 F_{la} 及地脚板 F_{lb} 等部件组成；散热件 F_{dh} 由主体一侧或两侧的散热纹组成。其中，法兰的位置通过 F_b, F_g, F_j, F_k 的视觉动力黄金分割点进行确定。

3) 形态视觉动力组群元素 F_e 。形态视觉动力群元素以原始图形为基准图形,上下、左右、四周以视觉受力形式出现,将减速机形态细节进行视觉受力表达,参照视觉动力表达进行判断如下:

主体表达 1: $F_{st} = (F_{po}, F_{tr}, F_{ci}, F_{nd})$ 。

辅体表达 2: $F_{fa} = (F_{po}, F_{tr}, F_{ci}, F_{nd})$ 。

辅体中法兰表达 3: $F_{la} = F_{nd}$ 内轮廓加强/外轮廓减弱。

主要的形态视觉动力组群 F_{mv} 有主体形态视觉动力群 F_{su} 与辅体形态视觉动力群 F_{fa} 中的法兰 F_{la} 、散热纹 F_{dh} 。

4 品牌减速机视觉动力造型设计分析

减速机造型设计须符合现代审美及市场需求,应强调视觉平衡在造型设计中的重要性,从改变减速机造型入手,确定减速机整体的设计定位,进一步探究品牌减速机造型设计的视觉动力规律。

在减速机造型设计中视觉动力可分为两部分: (1) 主体形态视觉动力群 F_{st} ; (2) 辅体形态视觉动力群 F_{fa} , 主要包括主体、法兰及散热纹。

4.1 主体形态视觉动力分析

因国内的减速机产品大多模仿国外品牌减速机,现选取国外 BAUER, SEW, BONFIGLIOLI 三大品牌 4 个系列减速机。通过视觉动力类型及视觉受力表达方法对选取的减速机进行视觉动力组群元素分析,见表 2, 发现品牌减速机 BAUER, SEW, BONFIGLIOLI 的 R, S, K, F 系列减速机主体均为矩形, 其中品牌 BAUER, SEW, BONFIGLIOLI 的 R, F 系列与品牌 SEW, BONFIGLIOLI 的 S 系列的减速机主体 S_6 为纵向视觉动力 F_{po} ; 品牌 BAUER 的 S 系列与品牌 BAUER、SEW、BONFIGLIOLI 的 K 系列减速机主体 S_6 为横向视觉动力 F_{tr} 。根据本文 3.2 中的主体视觉表达 1, 视觉动力出现的次数为 $F_{po} > F_{tr}$, 而 F_{ci}, F_{nd} 未在减速机主体形态视觉动力中出现, 由此得出, 三大品牌 4 个系列的减速机主体视觉动力规律为 $F_{po} > F_{tr}$, 而减速机主体的视觉动力规律是根据减速机输出输入方式不同而相关联。

表 2 国外品牌减速机形态视觉动力组群元素分析
Tab.2 Element analysis of visual dynamic group of reducers from overseas brands

系列	主体			辅体		
	BAUER	SEW	BONFIGLIOLI	BAUER	SEW	BONFIGLIOLI
R						
S						
K						
F						

4.2 辅体形态视觉动力分析

减速机法兰是轴承的连接件,其内轮廓先天造型限制导致轴形态均为圆形。在视觉动力理论中圆形是法向视觉力极强的形态,圆形虽然圆润、饱满,在视觉动力理论中的形态语言并不温柔,而是极具攻击力

的形状。要对减速机法兰法向视觉力进行削弱或加强,控制好圆形的法向视觉力尤为重要。在品牌 BAUER 的 R, S, F 系列, SEW 的 R 系列与 BONFIGLIOLI 的 S 系列中的法兰外轮廓是由法向视觉力 F_{nd} 极强的内轮廓圆形通过环向视觉力 F_{ci} 四周均衡拉伸演变为外

轮廓法向视觉力稍弱的正八边形；而品牌 BAUER 的 K 系列，SEW 的 S, K, F 系列与 BONFIGLIOLI 的 R, K, F 系列中法兰内外的整体轮廓均为圆形。根据本文 3.2 中的辅体中法兰表达 3，在内轮廓视觉动力相同的情况下，而外轮廓视觉动力出现的次数为圆形 F_{nd} 加强 > 正八边形 F_{nd} 减弱，由此得出，三大品牌 4 个系列的减速机法兰的视觉动力规律为圆形 F_{nd} > 正八边形 F_{nd} 减弱。为了削弱法兰内轮廓形态的法向视觉力，法兰的外在轮廓不应以圆形为主，而是使用法向视觉力较弱的正六边形、八边形，外轮廓视觉动力规律应为正六边形 F_{nd} < 正八边形 F_{nd} < 圆形 F_{nd} 。而如今在法兰的法向视觉力设计上并未考虑到这点。

品牌 BAUER 的 R 系列散热纹的视觉动力群以环向 F_{ci} 曲线进行视觉动力对称的传达，而 S, K, F 系列散热纹的视觉动力群以纵向 F_{po} 、横向 F_{tr} 进行视觉动力对称的传达，达到视觉动力平衡的视觉力感。品牌 SEW 的 R, K 系列散热纹的视觉动力群以横向 F_{tr} 直线进行视觉动力对称的传达，而 S, F 系列散热纹的视觉动力群以纵向 F_{po} 、横向 F_{tr} 、环向 F_{ci} 进行视觉动力对称的传达，达到视觉动力平衡的视觉力感。品牌 BONFIGLIOLI 的 R, S, F 系列散热纹的视觉动力群以纵向 F_{po} 直线进行视觉动力对称的传达，而 K 系列的散热纹的视觉动力群以横向 F_{tr} 直线进行视觉动力对称的传达，达到视觉动力平衡的视觉力感。根据本文 3.2 中的辅体表达 2，视觉动力出现的次数为

$F_{po} > F_{tr} > F_{ci}$ ，由此得出，三大品牌 4 个系列的减速机散热纹的视觉动力规律为 $F_{po} > F_{tr} > F_{ci}$ ，视觉动力组群过于纵向传达，在辅助形态法兰中的法向视觉力未起到削弱法兰的法向视觉力的作用。因此，视觉动力规律应采用视觉动力组群偏向横向传达为 $F_{tr} > F_{po} > F_{ci}$ 。

5 减速机视觉动力造型设计实例

综合上述知识，以 R 系列减速机为例，采用视觉动力规律知识设计一款视觉动力平衡、造型稳定的减速机。

5.1 主体形态视觉动力造型设计

为满足减速机主体功能、形态的稳定性等因素，首先，由主体 S_6 形态按 $\sqrt{2}$ 矩形的形态闭合；其次，由 $\sqrt{2}$ 矩形内的 F_a, F_d, F_m, F_p 四个视觉动力分割点连接调整后，得出主体最终形态，呈现出 $\sqrt{2}$ 矩形视觉动力平衡的视觉力感，所使用的主体视觉动力规律为 $F_{po} > F_{tr}$ 。在视觉动力中 $\sqrt{2}$ 矩形纵、横方向均可设计。设计流程为主体 S_6 形态面的底边 AB 的中点 A' 向对角点 B' 画一条对角线，利用这条对角线为半径画圆弧，相交于正方形底边延长线上的 B 点，较小的矩形和正方形合成一个黄金分割矩形，所呈现的视觉效果更为平衡、稳定。减速机内部形态细节设计采用细节视觉动力调整表达方法，通过 F_a-F_p 的视觉动力分割点进行内部视觉平衡细节调整，得到最终形态见图 7。

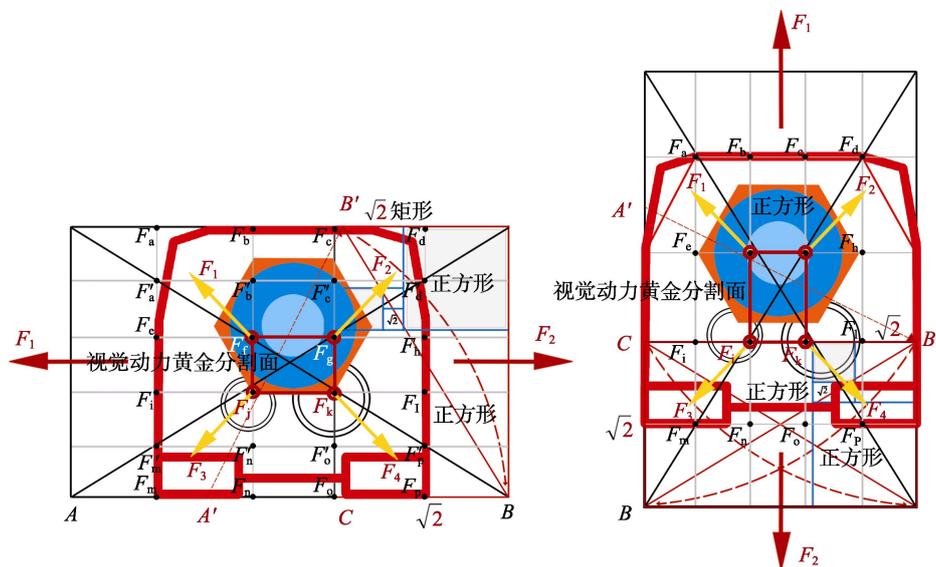


图7 减速机主体、辅体法兰形态

Fig.7 The flange form of the main body and auxiliary body of the reducer

5.2 辅体形态视觉动力造型设计

减速机法兰是轴承的连接件，其先天造型限制导致轴形态均为圆形。为了打破内轮廓先天造型局限性，削弱轴形态为圆形的法向视觉力，所使用的法兰外轮廓视觉动力规律为正六边形 F_{nd} < 正八边形 F_{nd} < 圆形 F_{nd} 。首先，通过 F_b, F_g, F_j, F_k 的视觉动力黄金分割点将法

兰的位置确定；其次，考虑到法兰轴形态的法向视觉效果的攻击性，选用的是外轮廓法向视觉力被削弱的正六边形。如此设计体现出法兰在减速机整体造型中其视觉动力在输出轴形态呈现出终止视觉力的衔接自然感见图 7。

散热纹设计采用的是视觉张力较强的曲线。通过 F_a-F_p 的视觉动力黄金分割点，将散热纹排布在减

机主体 S_2, S_4 面上, 所使用的视觉动力规律为横向 $F_{tr} >$ 纵向 $F_{po} >$ 环向 F_{ci} 。首先, 通过 $F_a-F_d, F_e-F_h, F_i-F_l$ 的 12 个视觉动力黄金分割点将视觉动力 F_3, F_5, F_7 向右侧横向传达; 其次, 通过 $F_c-F_h, F_i-F_l, F_m-F_p$ 的 12 个视觉动力黄金分割点将视觉动力 F_4, F_6, F_8 向左侧横向传达; 散热纹中的视觉动力 F_1, F_2, F_9-F_{12} 分别以纵向 F_{po} 、环向 F_{ci} 进行视觉动力传达, 从而达到视觉动力平衡的视觉力感, 并起到均衡散热的作用见图 8。

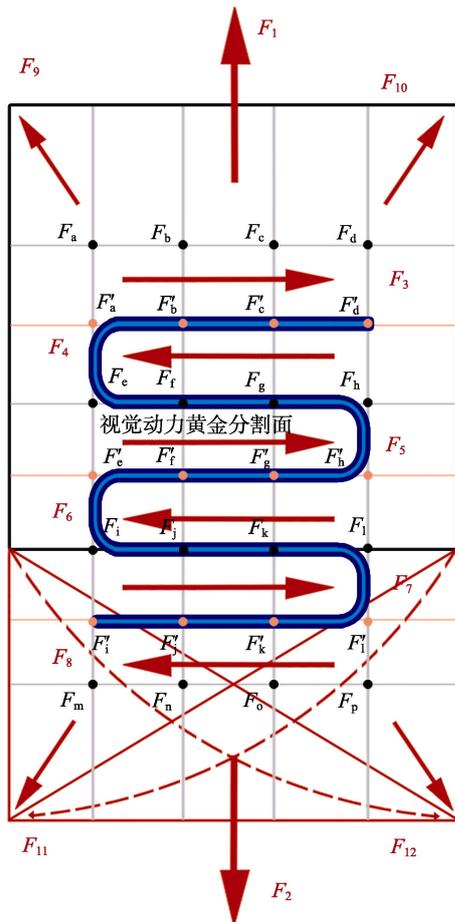


图 8 减速机辅体散热纹形态

Fig.8 Heat dissipation patterns of auxiliary body of reducer

综上所述, 品牌减速机设计无论从主体造型或辅体造型设计角度出发, 均要符合上述 3 项视觉动力规律, 体现视觉动力平衡敏感度和造型审美感知。采用几何主体确定设计方法、细节分割调整表达方法, 优化了减速机造型设计, 优化后的减速机主体、辅体部件形态在视觉受力上更为平衡敏感, 提升了减速机造型设计的审美感知。

6 结语

通过对视觉动力理论的探讨和设计方法推理, 得到如下结论: (1) 借助视觉动力理论中视觉受力表达可建立减速机造型设计问题的视觉动力体系; (2) 分别通过对功能和形态视觉力组群研究, 得到减速机主体、辅体

形态视觉动力的设计方法; (3) 应用几何主体确定设计方法、细节分割调整表达方法, 针对减速机造型设计中主体设计、辅体中法兰、散热纹设计等具体细节设计问题进行研究, 提出了减速机主体、法兰、散热纹设计的视觉动力规律, 为减速机造型设计提供了规律化和系统化的解决方案。上述视觉动力设计方法均适用于 S, K, F 系列减速机。在下一步的工作中, 对减速机造型设计的视觉动力分割理论及应用规律等方面需进一步开展研究。

参考文献:

- [1] RUDOLF Arnheim. Art and Visual perception: a psychology of the Creative Eye[D]. California: University of California, 1974.
- [2] 苏志岩. 视觉动力学在艺术设计中的作用与实现[J]. 赤峰学院学报, 2017(3): 1-4.
SU Zhi-yan. The Role and Realization of Visual Dynamics in Art Design[J]. Journal of Chifeng University, 2017(3): 1-4.
- [3] 卢向往, 张静. 浅谈视知觉形式动力对艺术形式表现的重要作用[J]. 文学教育, 2012, 2(2): 27.
LU Xiang-wang, ZHANG Jing. On the Important Role of Visual Perception Form Power in Artistic Form Expression[J]. Literature Education, 2012, 2(2): 27.
- [4] 蔡盼. 基于视觉动力理论的博览建筑动态空间研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2015.
CAI Pan. Study on Dynamic Space of Expo Building Based on Visual Dynamic Theory[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2015.
- [5] 李闽川. 基于视知觉动力理论的非欧建筑形态审美研究[D]. 广州: 东南大学, 2016.
LI Min-chuan. Aesthetic Study of Non European Architectural Form Based on the Theory of Visual Perception Dynamics[D]. Guangzhou: Southeast University, 2016.
- [6] 陈猛. 基于视觉意向的轮式拖拉机侧面造型设计研究[J]. 工业设计, 2018, 2(2): 58-59.
CHEN Meng. Research on Side Styling Design of Wheeled Tractor Based on Visual Intention[J]. Industrial Design, 2018, 2(2): 58-59.
- [7] 付晓莉. 工业通用减速机造型设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(4): 108-110.
FU Xiao-li. Research on Modeling Design of Industrial General Reducer[J]. Mechanical Design, 2014, 31(4): 108-110.
- [8] 聂守宏. 品牌特征下工业减速机造型设计的研究[J]. 中原工学院学报, 2016, 12(6): 28-30.
NIE Shou-hong. Research on Modeling Design of Industrial Reducer Under Brand Characteristics[J]. Journal of Zhongyuan University of Technology, 2016, 12(6): 28-30.
- [9] 李想. 工业产品设计中的视觉动力[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2016.
LI Xiang. Visual Power in Industrial Product Design[M]. Beijing: People's Post and Telecommunications Press, 2016.
- [10] 金伯利·伊拉姆. 几何设计学[M]. 上海: 上海人民美术出版社, 2018.
KIMBERLY Elam. Geometric Design[M]. Shanghai: Shanghai People's Art Publishing House, 2018.
- [11] 吴霞. 艺术设计中的黄金分割视觉结构分析[J]. 包装学报, 2012, 4(1): 92-96.
WU Xia. Visual Structure Analysis of Golden Section in Art Design[J]. Journal of Packaging, 2012, 4(1): 92-96.