

Deformation Management and Application in Device Design

Zhibao Wang

Schneider Electric (China) Co., Ltd. Shanghai R&D Branch, Shanghai, 201508, China

Abstract

This paper comprehensively employs theoretical analysis and illustrative examples, and systematically explores the issue of deformation in product design in accordance with the logic from simple to complex. The research covers the forms of deformation, the identification and prevention of deformation in the design process, its application and management, etc., aiming to assist engineers in achieving “correct design on the first try”, improving R&D efficiency and reducing costs. Deformation is common in product design and use. Some concealed deformations may cause serious damage. Deformation caused by environmental factors is difficult to be completely eliminated. Mitigation measures need to be considered in advance and formulated during the design stage. Slow creep can change the product state, and it is necessary to effectively identify and deal with it in the early stage of research and development. The snap fasteners achieve quick installation through deformation. When designing, the deformation capacity of the parts under different climates should be taken into account to avoid problems such as jumping out or breaking. Reasonable combination of parts made of different materials can explore the deformation characteristics of materials, achieve complex functions, and provide ideas for innovative design. The impact of elastic deformation energy storage on product performance is often overlooked, but it affects key indicators such as mechanical properties. Attention should be paid during the design process. Part deformation management and dimensional chain correction are important. Establishing a scientific system and method can solve common problems and provide a basis and guidance for subsequent product maintenance, etc.

Keywords

leverage effect; crack; Creep; Climate; Energy storage

变形在电器产品设计中的管理与应用

王志宝

施耐德电气(中国)有限公司上海研发分公司, 中国·上海 201508

摘要

本文综合运用理论分析与实例阐释, 按由浅入深逻辑, 系统探讨了产品设计中的变形议题。研究涉及变形表现形式、设计流程中变形的识别与预防、应用及管理等内容, 旨在助力工程师实现“首次即正确”设计, 提升研发效率、降低成本。变形在产品设计及使用中普遍, 部分隐蔽变形可能引发严重损坏。环境因素导致的变形难以彻底消除, 设计阶段需预先考量并制定减缓措施。缓慢蠕变会改变产品状态, 研发早期需有效识别并应对。卡扣利用变形实现快速安装, 设计时要考虑零件在不同气候下的变形能力, 避免出现跳出或断裂等问题。合理组合不同材料零件, 可挖掘材料变形特性, 实现复杂功能, 为创新设计提供思路。弹性变形储能对产品性能影响易被忽视, 却影响力学性能等关键指标, 设计时应重视。零件变形管理与尺寸链修正重要, 建立科学体系与方法可解决常见问题, 为产品后续维护等提供依据与指导。

关键词

杠杆效应; 断裂; 蠕变; 气候; 储能

1 变形的客观认知与潜在风险

1.1 不明显变形的危害性

产品设计中, 变形表现多样, 既有明显可见者, 亦有不易察觉者。对于不影响产品定义功能的明显变形, 可予以接受; 然而, 不明显变形却可能引发严重后果。例如, 潜在应力集中与复杂工况下应力长期作用, 可能导致产品功能突然损坏, 甚至危及人身安全。在线圈设计中, 绕线力使绕线槽侧板根部受力集中, 合理设计倒角尺寸可分散变形、

减少应力集中, 解决侧板变形破裂问题 [1]。脆性零件在无明显变形预警时更易突然断裂, 凸显了关注不明显变形的重要性。

1.2 环境所致变形的不可彻底消除性

部分变形可通过设计方法改变或去除, 如装配及产品功能需求引发的弹性、塑性及疲劳变形; 但环境引起的热变形、吸水变形、光照变形及周围气体导致的变形则难以完全消除, 只能通过设计与制造工艺将其控制在风险范围内。

2 缓慢变形与变形能力变化的影响及应对

2.1 蠕变的发生、后果与解决措施

蠕变作为有害的缓慢不易觉察变形, 在产品设计中需

【作者简介】王志宝(1979-), 男, 中国山西忻州人, 本科, 工程师, 从事工业设计研究。

重点预防。塑料材料的蠕变会导致产品状态改变，如弹簧功能失效、形态变化，引发运动部件干涉或影响外观。此外，还会导致紧固件连接失效，如机器螺钉固定在塑料件上因蠕变而失去防松功能。可通过加强结构提高产品抗蠕变能力，如螺纹加胶解决紧固件连接失效问题（图 1）。

2.2 卡扣设计中变形能力的利用与改进

塑料弹性卡扣是变形在风险控制范围内的典型应用，可实现快速安装、节省螺钉与工具、防止松脱。然而，设计卡扣时需考虑零件在不同气候及天气下的变形程度变化，高温和吸湿增加变形，低温和干燥减少变形。针对卡扣断裂问题，短期可通过泡热水或经烘箱改善零件变形性能，长期则

应根据装配和使用环境在设计上预留安全余量（如图 2）。

3 变形能力的复杂利用实现复杂功能

在产品实际设计中，金属零件和塑料零件常同时使用，不同材料的应力应变曲线组合可带来新发现（图 3）。以电器产品接线端子设计为例，为方便客户单手操作并节省空间，需设计塑料保持件固定紧固件（图 4）。通过对紧固过程的分析，发现塑料保持件及塑料底座在螺栓副贴紧铜件后扭矩迅速上升时轻微变形 [2]，此时塑料件受力不大且不会失效（图 5），实现了利用不同材料变形特性实现复杂功能的目的。

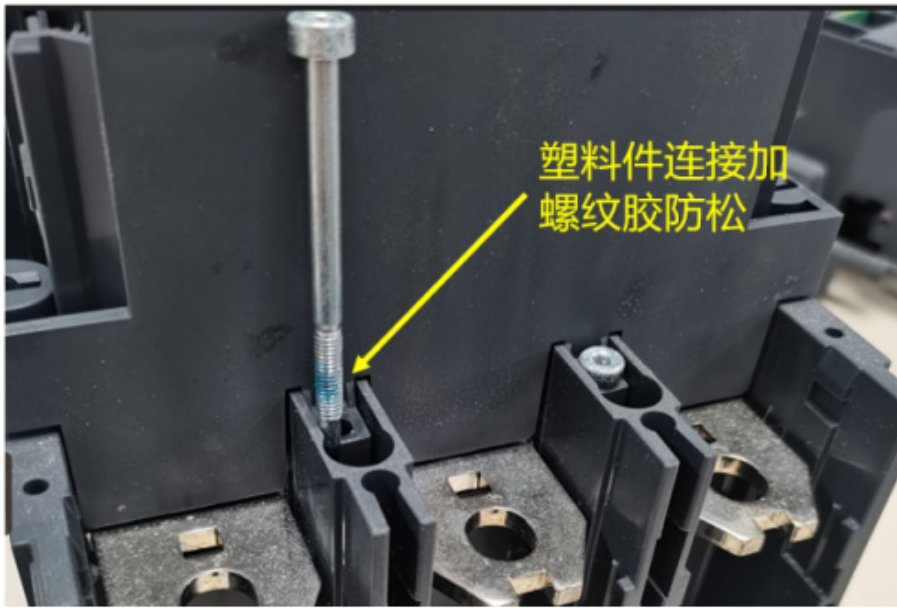


图 1 螺纹加胶防止塑料件蠕变发生螺钉松脱

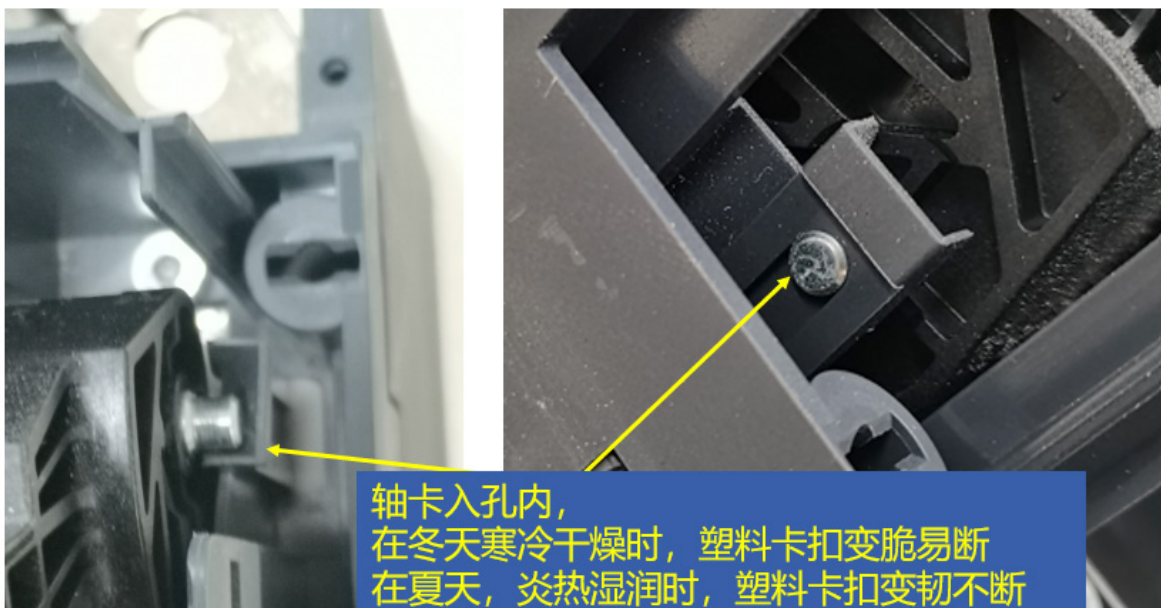


图 2 变形在卡扣上的应用及风险

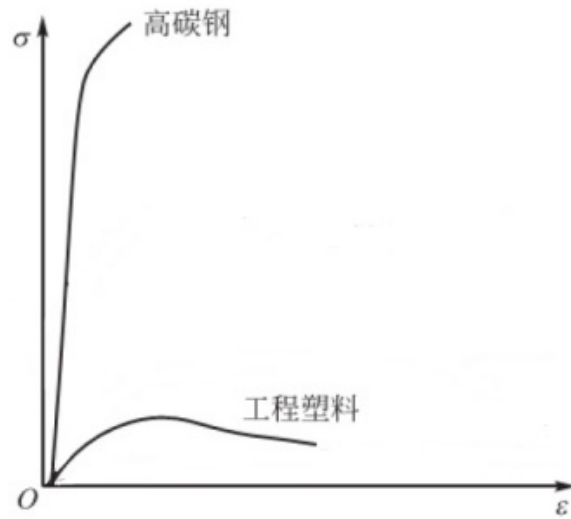


图3 钢与塑料的应变曲线

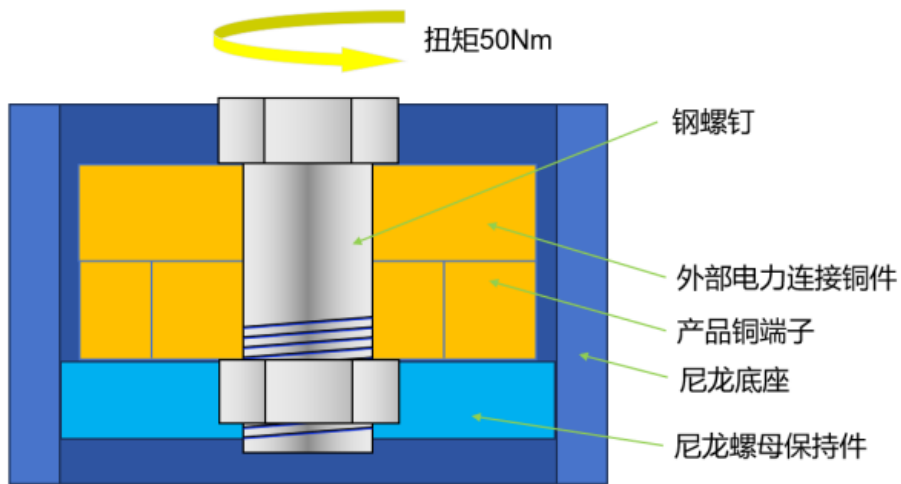


图4 螺母保持件，接线端子及螺栓副的结构



图5 M10 螺栓扭紧接线端子实验

4 弹性变形储能的影响及管理

弹性变形储能对产品性能的影响常被忽视，零件的弹性变形以力和位移形式储存能量，变形恢复时释放的能量可能对产品性能造成影响。在电器产品设计中，为避免动触头反弹导致产品不能可靠断开，除考虑橡胶减振件设计改进外，还应当管理零件变形，减少反弹能量，从而改善产品性能(图6)。可通过专业测量设备获取力、位移和时间曲线，用高速摄像机观察毫秒级变形和位移，量化分析弹性变形储

能的影响，并用实验数据校准产品理论设计[3]。

5 零件变形的管理与尺寸链的修正

功能尺寸设计过程中，通常将零件视为理想刚体进行理论计算，不考虑变形因素。然而，变形在产品实际使用中必然存在，设计工程师需考虑变形并留有余量，在实验中测量变形，结合理论尺寸链找出不合理变形并进行改进。最后，结合合理变形建立接近产品实际情况的尺寸链，对变形进行归档管理(图7)。

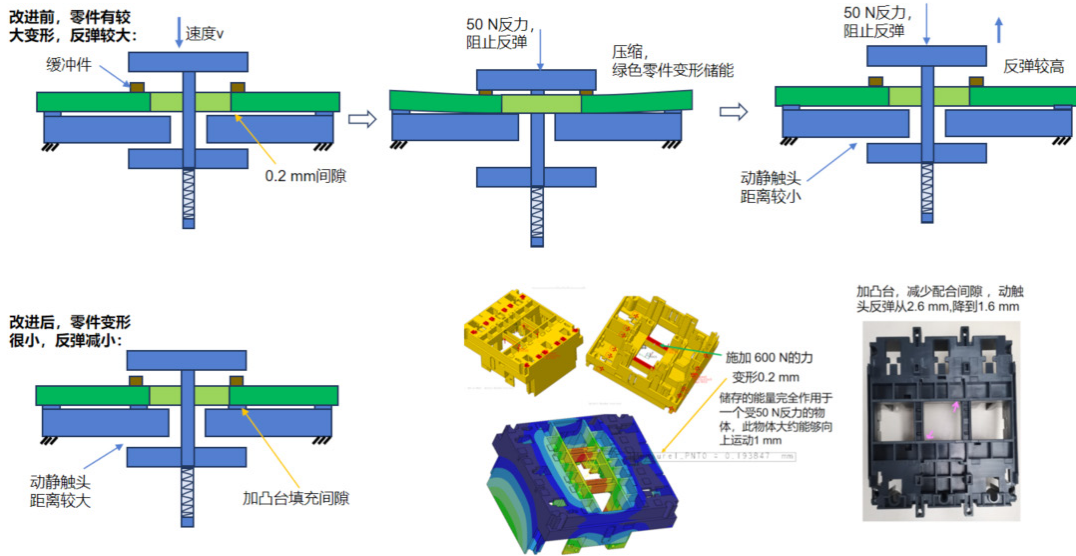


图6 产品性能改善

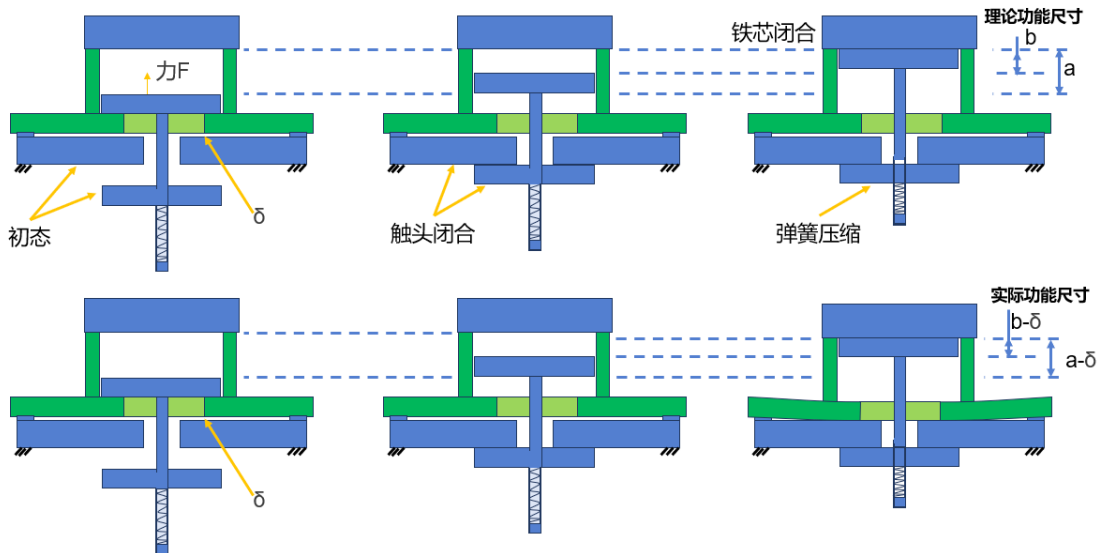


图7 零件变形在尺寸链中的修正

6 结论

通过对变形的深入理解、合理管理与应用，可有效解决产品设计中功能尺寸不准、零件断裂、性能不理想等问题，提高产品设计质量与可靠性。

参考文献

- [1] 赵楠. 二十世纪德国家用电器产品设计研究[D]. 北京印刷学院, 2015.
- [2] 张磊. ABS改性及其在电子电器产品外观设计中的应用[J]. 合成树脂及塑料, 2024, 41(05): 83-86.
- [3] 陈峰嵘. 基于TRIZ理论的E公司产品设计策略研究[D]. 东南大学, 2023.