

机械工程结构设计在测绘领域产品中的技术应用与发展

刘贵磊

广州辰星导航技术有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025120048

摘要：机械工程学科中的产品结构设计应用于各行各业，由于产品定位及目标方向的不同，所涉及的产品结构设计方式也有所差异，针对测绘产品，结构设计所占的比重是相对较高的，如何考虑堆叠、如何实现多模块兼容、如何实现产品三防、如何保证产品散热需求、如何满足环境适应性等等一系列指标，都是产品结构设计所需要考量的，在产品高频迭代及性能需求不断提升的时代背景下，如何推动行业的发展，产品结构设计的技术应用及创新也尤为重要。

关键词：测绘产品；结构设计；技术应用

The Technical Application and Development of Mechanical Engineering Structural Design in Surveying and Mapping Products

Liu Guilei

Guangzhou Chenxing Navigation Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : Product structural design in the discipline of mechanical engineering is applied in various industries. Due to different product positioning and target directions, the product structural design methods involved also vary. For surveying and mapping products, structural design accounts for a relatively high proportion. How to consider stacking, how to achieve multi module compatibility, how to achieve product three defenses, how to ensure product heat dissipation requirements, how to meet environmental adaptability and other indicators are all factors that need to be considered in product structural design. In the context of high-frequency iteration and continuous improvement of performance requirements of products, how to promote the development of the industry, the technical application and innovation of product structural design are particularly important.

Keywords : surveying and mapping products; structural design; technology application

引言

国家颁布的《“十四五”智能制造发展规划》，其中有强调要推动制造业创新升级，机械工程学科的发展与此紧密相关。在测绘相关领域，测绘领域产品种类繁多，结构设计在产品上的体现，主要表现在可视化、可交互设计、可产品化等方面，换句话说就是产品要满足用户诉求并解决用户问题，在使用上要体现出便利性，产品本身要可实现可制造，还要兼顾外观漂亮等特性。对于产品而言，产品设计可以在确保产品功能实现和外观美学等一系列要求的前提下，在最大程度上优化结构材料的使用，将装配流程简化到最合理，将结构强度达到最优并兼顾产品降本，保障产品整个生命周期。如果产品设计之初，产品结构设计欠缺，就可能导致生产困难，良品率低下，也会间接的导致成本飙升，甚至更严重的情况导致产品失效等严重问题。同时还要与硬件平台及软件应用平台搭建协同一体化发展。

因此，产品结构设计的系统性分析和研究，不仅具有重要的理论价值，还具有非常高的现实意义，产品结构设计理论的不断突破和持续创新，也在助推整个行业的不断前行与发展。本文以产品结构设计在测绘领域产品中的技术应用为例进行阐述。^[1-3]

一、测绘及其产品结构设计特征分析

测绘是对自然地理坐标及其他人工设施的形状大小、空间位置坐标及其属性进行测定、数据采集，绘制成图的一门技术学科。随着科技的发展，现已经形成了以计算机技术、光电技术、网络通讯技术、空间技术科学、信息技术科学为基础，以全球导航卫星定位系统、遥感、地理信息系统为技术核心的多学科融合

技术，那么对应的测绘产品就是以测绘要素为核心，通过多学科技术融合手段来标定空间位置及形成绘图的技术性产品工具。^[4-8]

随着全球市场竞争的日益激烈和消费者需求的不断提升，用户对测绘产品的诉求也在不断增多，一款产品的成功不再仅仅依赖于新颖的外观或强大的功能，产品内在的结构设计品质已成为决定产品成败的关键因素。产品结构设计，作为联接工业设计（ID）、硬件设计与生产制造（MD）的枢纽，直接决定了产品的

性能、质量、成本、生产周期及用户体验等产品属性，是产品战略实现中重要的一环。

二、产品结构设计技术应用

(一) 定义与目标

产品结构设计是指根据产品功能、外观及工艺要求，运用工程力学、材料学、机械原理等学科知识，对产品的内部构造、零部件间的连接方式、材料选择及制造工艺选取所进行的具体化规划设计过程。^[9]

测绘产品在开发初始，首先要明确产品的定位及定向，要明确产品设计的目的及用户诉求，目的是要解决什么问题，根据用户诉求，决定产品需要怎样的配置，例如，板卡的选型，天线采用那款方式、电池容量的大小、物理串口需要那些定义，环境适应性的级别要求等，然后再进行细化拆分，与产品外观设计、硬件设计等同步进行产品结构设计。

测绘产品结构设计的主要目标可归纳为：

功能实现：确保产品能够稳定、精确地实现其预定功能。这是产品应用的最终目标，产品性能指标的稳定关乎用户的体验，关乎产品的测绘效率。

可靠性保障：保证产品在预期使用寿命内，能够承受各种环境应力（如冲击、振动、温度变化）而不发生失能失效，而产品结构设计及其结构优化设计就是针对可靠性进行的一系列手段。

可制造性与可装配性：设计出的零件要易于加工、易于成型，整机要便于高效、低成本地装配，零件设计的越简单，加工也就越便利，将复杂的问题简单化，有利于加工制造。简单的装配也有利于提升产品装配率，更能很好的控制产品率，提升产品效能。

成本控制：在满足所有要求的前提下，通过优化设计、选材和工艺来实现最小化制造成本，最优的成本控制就是降本增效，通过材料替代，工艺改进，结构简化及再优化，模具开发生产等手段，将单个零部件的单价控制到最合理，无形之中，将会提升产品的毛利率，增加产品的利润率。

用户体验与安全：尽可能的根据用户的诉求及操作方式对产品进行考量，通过人机工程学的考量，确保产品在使用过程中的便利性，同时还要兼顾使用安全、操作便捷，符合行业行规的要求。^[10]

(二) 测绘产品结构设计的基本原则

产品结构设计合理性原则：结构设计必须符合结构力学、材料力学、机械原理，模具工程科学原理，零部件的设计，零部件之间的装配都要在设计中进行考量。

产品结构设计简化原则：在满足功能的前提下，尽可能减少零件数量，简化零件形状，简易的零件结构，将会降低产品设计的不合理性，也有益于产品在后期问题出现时，方便分析问题所在。

产品结构设计安全冗余原则：对产品的关键承力零部件或个别零部件安全承力部位，在设计过程中务必要留有足够的强度裕量设计，以应对不确定外在因素所导致的产品强度过载情况出现，将产品的结构强度作强化设计考量。

产品结构设计人机工程原则：测绘产品属于用户经常外出作业的工业级别的常手触类产品，在产品结构设计要重点考虑用户外出作业的操作习惯、使用场景及产品出现问题后方便维修的便

利性等。

产品结构设计标准化与模块化原则：优先选用行业标准件、通用件，这样可以规避产品设计过程中的不确定性，将设计风险降到最低，并将产品划分为若干功能模块，将模块分区划分再统一集成式的设计，可以较为简单的形成产品设计库，供其余项目借鉴及使用，避免模块的反复设计，提升设计效率，降低不良设计的风险，同时也便于产品后续的生产、维修和升级。

三、测绘产品结构设计的核心流程

对于研发设计而言，测绘产品在结构设计过程中的系统化流程通常包含以下几个阶段：

(一) 需求分析与定义：

明确立项的意义及产品目标，以此为导向，深入理解产品规格书，明确产品功能、性能、成本、工期、法规等所有约束条件。

(二) 初步概念设计：

根据产品定义需求，导入产品模组，从全局结构承载、集成度、空间利用率、产品电磁屏蔽要求结合结构材料属性，考虑产品散热、跌落、三防等产品适应性硬性要求方便，进行零部件及模块间的结构堆叠布局，同时与工业设计师紧密协作，参与到外观设计及评审过程中，从结构可行性角度提出合理性建议，将结构设计稳定性、可行性的考虑与工业设计的美学进行融合，于此同时还需兼顾硬件模组合理性布局的考量，电磁兼容、散热隐患、信号失真，容量大小等一系列问题都要在此阶段进行合理性评估，将硬件指标，产品结构、工业外观综合评估，生成多个初步的结构布局方案及产品外观方案。

(三) 详细结构设计：

外观方案定档后就基本上是产品结构设计及细化设计的阶段，采用3D建模的方式对零部件进行详细的三维设计及零部件之间通过定义并分析零件之间的尺寸公差与配合的方式，确保装配精度和功能的虚拟装配，同步进行面向制造和装配的设计检查，优化零件结构。

(四) 工程分析与验证：

CAE分析：运用有限元分析对零部件、模块、甚至整个产品进行应力、应变、模态（振动）、热管理、显式动力学等仿真，来验证产品结构设计的合理性，将结构设计的隐在问题规避在研发设计阶段，有效控制产品设计开发风险，缩短产品开发时间。

手板原型制作与测试：通过3D打印、CNC加工等方式制作结构手板原型，进行实际的功能、寿命和可靠性测试结合CAE分析指标夯实结构设计的稳定性。

(五) 设计优化与迭代：

根据分析和测试结果，对产品零部件进行修改、优化再优化，直至满足所有要求。

(六) 工程图输出与生产移交：

结合3D图纸，以面向制造生产角度为出发点生成用于生产的二维工程图纸，标注所有材料、尺寸、公差、工艺要求，并将完整的设计数据包移交制造部门。

四、产品结构设计在测绘产品开发过程中的关键方法与技术应用

(一) 面向制造与装配的设计

DFMA是产品结构设计中最为重要的方法论之一。

DFA：旨在简化装配过程。其方法核心是尽可能的减少装配零件数量，设计易于定位防呆、安装的特征，通过定位、紧固结构手段，简化装配方式。

DFM：旨在使零件易于经济地制造。在产品结构设计工作中要深刻理解并掌握所选制造工艺（如注塑、冲压、压铸、CNC）的优越性及局限性，设计上避免诸如壁厚不均、不必要的结构特征、不必要的深孔、强度稳定性差等工艺性缺陷。

(二) 可靠性设计

通过仿真、分析和试验等手段，旨在确保产品在测绘行业规定的外部环境和规定时长内无故障、无差别地工作。方法包括：失效模式与影响分析，严苛测试环境，有计划系统性地分析产品在使用过程中隐在的故障模式及所引发的后果程度，通过结构优化设计的手段，预先作出针对性的改进措施。耐久性分析与测试：通过模拟仿真和实验双行手段，测试产品在长期使用中的疲劳、磨损程度及产品寿命测试。

(三) 轻量化设计

测绘产品功能集成度越来越高，对应的模组也越来越多，硬件模组重量也随之加重。开发过程中，就要求产品结构设计在保证结构强度及功能实现的前提下，如何进行轻量化设计，减轻产品重量成为了产品结构设计的一个指标，也是现行产品结构设计的重要方向。途径包括：

结构优化：通过拓扑设计优化、形貌设计优化等手段，强化稳定性冗余、消除材料冗余的方式，实现“材尽其用”。

材料选择：采用高强度钢、铝合金、镁合金、工程塑料及复合材料等轻质材料。

工艺创新：个别零件使用结构中空方式、发泡材料生产方式、激光拼焊板、零件超声焊接等先进工艺。

(四) 成本控制

产品成本是在产品开发设计中产生的，而非后期核算出来的。从产品成本的角度出发，产品结构设计师需要通过简化结构设计、选材经济、降低加工难度、减少装配难度，降低装配工时等多重方式来减低产品结构成本，在开发设计阶段就将产品成本控制在目标区间之内。

五、现代发展技术与产品结构设计的融合应用

计算机辅助设计工程（CAE）与产品结构设计的深度融合：

参考文献

- [1] 张成.电子产品结构设计重要因素探讨 [J].中国设备工程,2019(22):101-102.
- [2] 宋永慧.仿生晶化与结构设计在钙钛矿发光二极管中的应用 [D].中国科学技术大学,2023.
- [3] 王美龙.新型含硼有机分子的结构设计、合成及在催化与传感领域的应用 [D].青岛大学,2022.
- [4] 汪凯.超声椭圆振动切削装置结构设计与应用验证研究 [D].华中科技大学,2022.
- [5] 周宸正.面向听诊应用的 MEMS 仿生鱼耳传感器结构设计与实现 [D].中北大学,2022.
- [6] 赵伟.结构力学仿真在机载产品结构设计中的应用 [J].现代制造技术与装备,2021,57(06):55-56.
- [7] 吴兴娜.机电一体化技术在机械工程中的应用 [J].商品与质量,2016,000(014):201-202.
- [8] 周鹏飞.数学模型在服装结构设计中的建立与应用 [J].化纤与纺织技术,2023,52(10):206-208.
- [9] 张超,郭赞峰.基线测量在长度量值溯源中的应用与创新 [J].中国计量,2023,(11):79-81.
- [10] 严海.AIGC在融合媒体中的应用与技术创新 [J].传播力研究,2023,7(30):4-6.

模拟仿真驱动产品结构设计将成为行业发展趋势。设计师可以在概念阶段就利用仿真工具进行性能及结构强度预测，从而实现“设计即正确”，大幅减少后期修改，这种强化结构设计合理性的技术，体现了仿真模拟为产品结构设计提供优化方向的优越性。

增材制造（3D打印）的应用：3D打印技术解放了结构设计的自由度，使得制造复杂晶格结构、一体化成型部件成为可能，为轻量化和功能集成开辟了新路径，同时将加工验证的时间大幅缩短，有利于外观手板和结构手板的制作。

数字化模型孪生：为物理产品创建一个完全对应的数字模型，在整个产品生命周期中实时同步数据。结构设计可以作为数字化模型孪生的基础，用于预测性维护、性能监控和迭代优化。

人工智能与自动化生成式设计：AI算法可以基于设计目标和约束条件（如载荷、边界条件、材料），自动生成最优的结构方案供设计师选择与参考，极大地拓展设计创新空间深度与广度。

六、结论与展望

机械工程产品结构设计是一项与多学科交叉、理论与实践紧密结合的创造性工科。其设计目的不仅仅是将用户诉求及产品创意进行技术性落地的手段，也是决定产品质量及核心竞争力的战略环节之一。展望未来的机械工程产品结构设计将呈现以下趋势：

1. 智能化设计设计方式：AI技术和机器学习技术的发展将更加深层次的融入到产品设计流程中，实现产品结构设计的自动化设计、优化、产品结构设计缺陷的智能化预测和材料及加工工艺的智能化推荐。

2. 数字集成化与协同化设计方式：基于云计算平台的产品设计工具将联接多部门、多地域间的实时协同化设计，通过平台一体化的方式，产品将从设计、仿真、优化、再仿真、再优化及到无缝数据流追溯制造的方向上迈进。

3. 可持续化设计方式：绿色环保设计理念将更加深化到产品设计中，产品结构设计需要更多地考虑材料的环保性，绿色无污染性、可回收性、产品的可拆卸性以及整个生命周期对环境是否存在影响。

4. 个性化定制设计方式：伴随着柔性制造先进技术的发展，产品结构设计也必然要满足小批量、多品种、多模态的生产方式，以达到快速响应用户个性化需求的目的。

综上所述，机械工程结构设计与多学科的不断融合发展，拓宽了产品设计的广度，提升了产品结构设计的高度，测绘领域的产品也将在产品结构设计不断发展的技术背景助推下朝着高集成化、高标量化、高融合化、高智能化、高复杂环境适应性的方向上稳步推进、稳步前行。