ICS 25.040.40
CCS L 67

T/CS

团　　体　　标　　准

T/CS 480—2026

机械产品零部件模块化设计规范

Design specification for modularization of mechanical product parts

2026-07-02 发布　　2026-07-02 实施

中国商品学会　　发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 总则 1
4.1 基本原则 2
4.2 零部件分类 2
5 性能要求 2
6 设计要求 3
6.1 基本要求 3
6.2 材料要求 3
6.3 接口要求 3
6.4 文件要求 4
6.5 管理流程 4
6.6 设计步骤 4
6.7 质量控制 4
7 验证方法 5
7.1 性能验证 5
7.2 设计验证 5
8 设计资料归档 6
8.1 归档范围 6
8.2 归档要求 6
8.3 设计复用 7

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国商品学会提出并归口。

本文件起草单位：宁波恒雅机械有限公司、宁波柯尼金属制品有限公司、上海达技新程科技有限公司、宁波超越达机械有限公司、浙江耕耘品质标研究有限公司。

本文件主要起草人：杨海翔、林国文、刘刚、高建国、毛方蕾。

机械产品零部件模块化设计规范

1 范围

本文件规定了机械产品零部件模块化的性能要求、设计要求、验证方法、设计资料归档。

本文件适用于机械产品以及机电一体化产品中机械零部件的模块化设计过程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3077 合金结构钢

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 4728 电气简图用图形符号

GB/T 14689 技术制图图纸幅面和格式

GB/T 30438-2013 支持模块化设计的数据字典技术原则和方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

模块 module

组成系统的、具有确定功能和标准接口的典型的通用独立单元。

[来源：GB/T 30438-2013，术语3.1]

3.2

模块化 modularity

从系统的观点出发，应用相似性原理，研究产品(或系统)的构成，用标准化原理进行统一、归并、简化，采取分解与组合的方法，建立产品模块体系，并通过模块之间的标准接口组合成不同产品(或系统)的全过程。

[来源：GB/T 30438-2013，术语3.2]

3.3

模块化设计 modularity design

将产品的某些要素组合在一起，构成一些具有特定功能的模块，将这些模块作为通用性的模块与其他产品要索进行多种组合，构成新的系统，产生多种不同功能或相同功能、不同性能的系列产品的设计方法。

[来源：GB/T 30438-2013，术语3.4]

4 总则

4.1 基本原则

4.1.1 单一职责原则

每个模块只负责一个功能，降低模块间的耦合度。

4.1.2 开闭原则

模块应对扩展开放，对修改关闭，提升系统的稳定性和可维护性。

4.1.3 依赖倒置原则

模块间通过接口或抽象类进行依赖，降低模块间的耦合度。

4.1.4 接口隔离原则

模块间通过定义接口进行交互，防止接口过于复杂或简单。

4.2 零部件分类

按通用性程度，产品的零部件宜分成A类件、B类件、C类件，如表1所示。

表 1 零部件分类

类别	特征
A类别，专用零部件	结构复杂
B类别，通用零部件	可进行变型设计；开发设计的工作量较少；加工工艺标准化程度较高
C类别，标准零部件	标准化程度高

5 性能要求

机械零部件是机械产品的核心组成部分，其性能好坏直接影响到整个机械产品的品质和使用寿命。零部件模块化设计过程中，其性能要求应符合表2的规定。

表 2 零部件性能要求

性能类别	具体要求
强度	应能承受拉伸、压缩、弯曲及扭转等各类载荷 应具备足够的抗拉、抗压及抗剪强度
刚度	应具备抵抗弹性变形的能力，在额定载荷作用下变形量控制在允许范围内，维持产品的几何精度与结构稳定性
精度	零部件的设计与制造应满足严格的尺寸公差与形位公差要求，机械产品装配后的配合精度应满足高品质的运行需求
耐磨性	针对工作过程中的相对运动与摩擦接触，零部件应具备优异的抗磨粒磨损与粘着磨损能力
耐腐蚀性	针对工作环境中的介质侵蚀(如氧化、酸碱腐蚀等)，零部件应具备良好的化学稳定性
稳定性	零部件应在温度变化、振动及长期使用等工况下，保持尺寸与几何特征的长期恒定，防止因时效变形或蠕变导致的性能衰减

（续）表 2 零部件性能要求

性能类别	具体要求
可靠性	在产品全生命周期内，零部件应具备低故障率与高鲁棒性
安全性	设计应充分考虑人机工程与失效保护机制，防止零部件失效引发次生灾害，操作人员的人身及设备应处于安全状态
环境适应性	零部件结构应能适应复杂的工况环境(如高低温、湿热、粉尘等)，在极端条件下宜维持基本性能
可维护性	零部件应具备良好的可达性与互换性，结构设计应便于拆装、检修与更换

注：鲁棒性即系统在面临着内部结构或外部环境的改变时也能够维持其功能稳定运行的能力。

6 设计要求

6.1 基本要求

零部件规模化设计是产品实现的基石，设计的基本要求如下：

a) 功能性：设计应匹配系统功能需求，运动、速度、精度及功率等参数应符合设计规范；
b) 可靠性：应具备足够的强度与寿命，能防止断裂及疲劳失效；
c) 经济性：在满足性能的前提下优化成本，平衡制造成本与维护费用，实现效益最大化；
d) 可制造性：设计应符合工艺可行性，公差与粗糙度设定应匹配现有加工能力，以降低废品率；
e) 可持续性：优先选用环保及可回收材料，降低能耗。

6.2 材料要求

零部件材料的选型，其具体要求如下：

a) 适用性：材料性能应与产品功能需求相匹配，在保证结构强度、耐久性、耐腐蚀性及耐磨性的前提下，兼顾全寿命周期成本最优；
b) 可行性：材料应具备良好的加工成形性能，以适应批量生产要求；同时应考虑市场供应的稳定性，优先选用货源充足、采购周期短且综合成本合理的材料；
c) 合法性：材料选用应符合GB/T 3077、GB/T 3190的要求，严格限制使用有毒、有害及高污染物质；
d) 环保性：材料应具有节能减排特性，常用的节能环保材料见表3。

表 3 节能环保材料

材料名称	特性
碳纤维	轻质、高强度、耐腐蚀
钛合金	高强度、耐腐蚀、耐高温
高强度钢	高强度、耐冲击、耐腐蚀

6.3 接口要求

零部件模块化设计的接口要求具体如下：

a) 接口应完全兼容，不同批次、不同厂家的模块可互换；
b) 接口设计应考虑产品升级迭代，预留扩展接口的同时，保证新旧接口的兼容性；
c) 在模块制造过程中，应按参数要求生产，加强质量检验，接口尺寸与性能应达到设计要求；
d) 建立接口版本管理平台，记录接口参数的变更，不应产生因版本混乱导致的兼容性问题。

6.4 文件要求

产品设计文件信息应完整、准确与可追溯，具体应包含技术规格书、图纸、装配说明、材料清单及测试报告等核心文档。具体如下：

a) 图纸标准化：工程图纸应符合GB/T 14689的要求，图面标注清晰、尺寸公差准确、符号体系统一规范，满足生产制造与质量检验的需求；

b) 过程与审核：设计文件应记录设计依据、设计过程、技术参数及风险评估等内容。文件应经设计、工艺及质量管理等相关职能部门共同评审并会签，以确认其符合实际生产工艺条件。

6.5 管理流程

模块化设计应遵循系统化、标准化的全周期管理流程：

a) 需求分析：明确设计目标和需求，确定模块的功能和接口；

b) 模块划分：根据需求分析结果，将系统划分为多个模块，并确定模块之间的依赖关系；

c) 模块设计：对每个模块进行设计，包括模块内部的数据结构、算法和接口等；

d) 模块实现：根据模块设计结果，实现每个模块的功能；

e) 模块测试：对每个模块进行单元测试，模块功能应具备正确性和可靠性；

f) 系统集成：将模块按照设计要求进行集成，形成完整的系统；

g) 系统测试：对集成好的系统进行系统测试，系统的功能和性能应满足设计要求；

h) 维护和升级：根据用户需求和系统运行情况，对系统进行维护和升级，提高系统的稳定性和可用性。

6.6 设计步骤

产品零部件模块化设计的具体步骤（图1）：

a) 几何特征与功能分析：解析零部件的几何形态与功能特性，识别相似零件族，提炼出具有代表性的标准模块，奠定变型设计的图形基础；

b) 参数化分析与优化：开展参数化分析，精简可变参数维度，降低系统复杂度，为数字化建模提供支撑；

c) 构建零部件主模型：基于关键控制参数，建立零部件的主模型。应描述零部件的几何外形及其各尺寸链之间的数学逻辑关系；

d) 搭建产品主结构：构建涵盖所有标准构件的模块化产品系统架构。该架构应具备高度的可配置性，能够依据客户的个性化需求，通过模块的组合与派生，快速生成定制化的产品结构与最终方案。

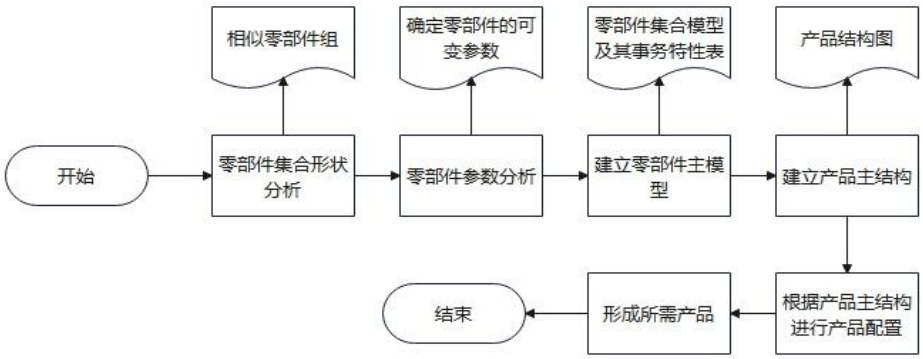


图 1 设计步骤

6.7 质量控制

在机械零部件模块化设计阶段，质量控制是保证产品功能和可靠性的环节。设计阶段的质量控制应包括设计文件的审查、设计计算验证、材料选型、设计评审。

7 验证方法

7.1 性能验证

性能验证的具体方法，如表4所示。

表 4 性能验证方法

性能类别	验证方法
强度	用万能试验机做拉伸/压缩/弯曲/扭转试验，测抗拉、抗压、抗弯、抗扭强度
刚度	对零部件施加额定静载荷，用位移传感器测变形量
精度	用精密检测设备对零部件进行验证
耐磨性	用磨损试验机，模拟滑动/滚动摩擦工况（控制载荷、速度、润滑介质等参数）
耐腐蚀性	用盐雾试验箱模拟海洋大气，酸碱溶液浸泡箱模拟化工介质，大气暴露试验架做户外自然腐蚀
稳定性	热循环试验箱模拟温度交变，振动台模拟长期振动；定期测关键尺寸，对比前后数据
可靠性	模拟极端温变/振动，高加速应力筛选，加速暴露产品潜在缺陷；用FMEA（故障模式与影响分析）预判潜在失效点
安全性	用过载保护装置触发试验进行验证
环境适应性	高低温试验箱（-40 ℃～150 ℃）、湿热试验箱（90 %RH以上）、沙尘试验箱（模拟粉尘侵入）；对户外设备，开展实地挂机测试
可维护性	维护人员只使用规定工具，完成“故障定位、拆非关联件数量核查、目标件拆装、复位调试、功能验收”的全流程

7.2 设计验证

7.2.1 材料验证

针对6.2 材料要求的各项指标，采用表5规定的验证方法进行验证。

表 5 材料验证方法

验证类别	验证项目	验证方法
适用性验证	力学性能	通过理化试验，验证强度、刚度及耐磨性等
	环境耐受性	开展盐雾、高温氧化、低温冲击等试验，验耐环境耐受性
可行性验证	加工成形性	通过杯突试验机等仪器验证
	供应稳定性	核查供应商资质与产能，评估采购周期与价格波动
合法性验证	成分合规性	光谱分析或化学检测，限制有毒元素
环保性验证	节能减排性	核查材料的全生命周期碳排放及可回收率
	禁用物质检测	依据RoHS指令检测有害物质

7.2.2 接口验证

7.2.2.1 接口完全兼容与互换性

抽取不同生产批次的模块，以及不同厂家生产的同规格模块，进行物理对接和功能联调；对接口进行插拔循环测试，检查连接状态。

7.2.2.2 扩展性与新旧兼容性

在系统中同时接入新旧两个版本的接口模块，模拟实际数据传输和控制指令，验证系统对新旧接口的无缝支持能力；在预留的扩展接口上模拟极限负载或异常数据流，验证系统在升级或扩容情况下的鲁棒性。

7.2.2.3 制造精度与性能达标

使用高精度仪器对接口的物理尺寸进行测量，确认公差符合图纸要求；使用示波器、网络分析仪等设备，测试接口的传输速率、信号完整性及抗干扰能力。

7.2.3 文件验证

7.2.3.1 规范性审查

按照GB/T 14689的要求逐项检查工程图纸的图框、标题栏格式、字体大小等。

7.2.3.2 标注清晰度评审

检查图纸上的尺寸公差、形位公差及表面粗糙度标注的完整性、准确性。

7.2.3.3 符号统一性检查

图纸中使用的电气符号、液压气动符号等应符合GB/T 4728的要求。

7.2.4 质量控制验证

7.2.4.1 设计文件

采用对照检查的方式，对设计图纸的视图表达、尺寸标注等进行逐项核查。

7.2.4.2 设计计算

利用有限元分析软件，建立零部件的参数化模型，施加实际工况下的载荷与约束，进行静态结构分析、模态分析及屈曲分析。

7.2.4.3 材料选型

利用万能试验机对选用材料进行力学性能验证，通过高低温循环、湿热或盐雾腐蚀试验对耐环境性能验证。

8 设计资料归档

8.1 归档范围

所有设计相关的文件均应纳入归档范围，包括：

a) 过程类文件：设计输入文件、方案报告、各阶段评审记录、测试报告、变更记录、项目进度跟踪记录等；
b) 输出类文件：三维模型、二维工程图、设计计算书、检验规范、使用维护说明书、安装手册等。

8.2 归档要求

归档的具体要求如下：

a) 设计定稿后10个工作日内（具体时限由各企业根据实际情况自行确定），设计工程师应整理所

有相关文件，确认版本准确、签字齐全后提交给公司文档管理员归档，同时上传至公司内部设计知识库；

b) 文件命名应符合公司统一规范，格式为“产品型号-文件类型-版本号”，电子档与纸质档应保持一致，涉密文件应按照公司保密制度标注密级，限制查阅权限；

c) 文档管理员应每季度开展一次归档文件完整性检查，对未按要求归档的设计人员出具整改通知。

8.3 设计复用

设计复用管理的具体要求如下：

a) 标准化工程师应及时更新公司通用件库、标准件库、成熟设计模块库，每年发布一次优选零部件目录，设计时应优先选用库内的零部件及成熟模块，降低开模、采购成本，减少重复设计工作；

b) 复用现有设计模块时，设计工程师应验证模块与新产品需求的适配性，不应直接照搬；

c) 公司宜建立设计复用奖励机制，对零部件复用率超过70 %的项目，给予设计团队额外的项目奖金，鼓励设计知识的沉淀与复用。