

机电产品可拆卸再制造设计导则

1 范围

本标准规定了机电产品可拆卸再制造设计导则的术语和定义、设计基本要求、设计方法、设计评价与反馈。

本标准适用于机电产品的可拆卸设计与再制造设计过程指南、方案设计、实例分析与评价。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

拆卸 detach

通过拆卸操作将产品系统分离为组件的过程，包括连接件的分离和组件（子装配件）的移除。

2.1.1

完全拆卸 completely detach

将产品分解为相应的零件，是装配的逆过程。

2.1.2

选择性拆卸 selective detach

根据拆卸需求从产品中分理出目标组件的过程，拆卸深度与目标组件在产品中所处的位置有关，一般在维修维护中应用。

2.1.3

串行拆卸 serial detach

传统研究中默认的拆卸方式，指每次只能拆卸一个零件。

2.1.4

并行拆卸 parallel detach

多个操作者同时并行地执行不同拆卸任务的拆卸方式，同时可拆卸多个零件。

2.1.5

可拆卸设计 detachable design

设计过程中将可拆卸性作为设计目标之一，使产品的结构不仅便于装配、拆卸和回收，而且也要便于制造和具有良好的经济性，以达到节约资源和能源、保护环境的目的。

2.1.6

拆卸序列规划 disassembly sequence planning

根据产品结构、装配关系等信息，推理出满足一定约束条件的最优化拆卸顺序的过程。

2.2

再制造 remanufacturing

以产品全寿命周期设计和管理为指导，以优质、高效、节能、节材、环保为目标，以先进技术和产业化生产为手段，来修复或改造废旧产品的一系列技术措施或工程活动。

2.2.1

再制造加工 remanufacturing process

对废旧失效零部件进行几何尺寸和力学性能加工恢复或升级的过程。常用的再制造加工方法包括机械加工法、表面工程技术法等。

2.2.2

再制造设计 remanufacturing design

运用科学决策方法，在产品的设计阶段考虑产品报废后再制造工艺阶段的各个因素，通过设计优化产品可再制造性，实现资源回收最大化、污染和成本最小化。

3 设计基本要求

3.1 可拆卸设计基本要求

3.1.1 通则

机电产品的可拆卸设计需综合考虑拆卸工艺数据。拆卸工艺数据主要包括拆卸工具、拆卸时间、拆卸费用、拆卸可达性、拆卸能量、拆卸过程中有害成分的排放量、装配约束等。

3.1.2 紧固件标准化与数量最小化

机电产品设计中应采用标准化的紧固件，以在拆卸时减少拆卸工具更换的辅助时间和特制工具带来的成本。

3.1.3 连接结构易拆卸

机电产品的各个功能需以各种方式连接固定形成整体，实现产品的设计功能，连接结构按照不同分类标准可划分不同形式，连接结构分类见表1。机电产品的设计应采用可拆卸性好的连接结构，如螺纹连接、卡扣连接等，应尽量避免使用焊接、粘接等。

表1 连接结构分类

分类标准	类型	实例
连接原理	机械连接结构	铆接、螺栓连接、销连接、键连接、弹性卡扣连接等
	粘接	黏合剂连接、溶剂连接
	焊接	利用电能的焊接（电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、点焊、激光焊） 利用化学能的焊接（气焊、原子氢能焊合铸焊等） 利用机械能的焊接（锻焊、冷压焊、摩擦焊等）
结构的功能和部	静连接	不可拆卸固定连接：焊接、铆接、粘接等

件的活动空间		可拆卸固定连接：螺纹连接、销连接、弹性形变连接、锁扣连接、插接等
		柔性连接：弹簧连接、软轴连接
	动连接	移动连接：滑动连接（导轨和滑块）、滚动连接
		转动连接
是否可拆卸	可拆卸连接	螺栓连接、销连接、键连接
	不可拆卸连接	铆接、焊接、粘接等

机电产品的连接结构设计应遵循以下原则：

a) 结构简单，同一产品中连接类型尽可能少；

- b) 具有较好的连接强度和刚度;
- c) 便于零部件快速装配、拆卸、调整、维修。

3.1.4 元器件和零部件易拆卸

元器件和零部件结构设计中应在零件表面预留可抓取和可拆卸的结构。

示例1: 改进前的结构中，螺栓位于箱体内部，工具可达性不好，不便于拆装，改进后的结构将螺栓改为箱体外部，以实现拆卸部位可达性。

示例2: 改进前的结构中，螺母距离箱体边缘过近，无法容纳拆卸工具（扳手的操作空间），改进后的结构留出足够的扳手活动空间，以实现拆卸工具可达性。

3.1.5 拆卸可达性

拆卸可达性包括视觉可达、工具可达、实体可达，即为了便于拆卸，拆卸操作应全部可见，应有足够的拆卸工具操作空间，拆卸过程中操作人员的身体的某一部分或借助工具能接触到拆卸部位。

3.1.6 快速装卸结构

应合理使用快速装卸和锁紧结构以提高产品的可拆卸性。

示例: 采用装卸销，该快卸止动销的销体上铆接有止动块和便于装卸的拉环。当止动块和销体轴线一致时，销体可插入或拆下，止动块与销体轴线垂直时为锁紧状态。

3.1.7 结构可预测性

设计时应避免将易老化或易腐蚀材料与可回收材料的零件组合，宜采用防腐蚀连接，以减少产品报废后结构的不确定性。

3.1.8 产品易分离

表面宜采用一次性加工而成，避免二次电镀、涂覆、油漆等加工。产品宜采用模块化和标准化设计。

3.2 再制造设计基本要求

3.2.1 通则

机电产品的再制造设计需综合考虑再制造工艺数据。再制造工艺主要包括拆卸、分类和清洗、检测、再制造加工、再装配、整机测试等。产品再制造设计准则见表2。

表2 机电产品再制造设计准则

再制造工艺	再制造需求	再制造设计准则
逆向物流	产品的基本描述	产品信息应以标签、图形等形式放置在产品表面，以便了解产品是否适合再制造
	避免运输中损坏	提供足够的抓取空间和职称 避免不规则突出结构

拆卸	内部区域可达	减少为达到内部区域移除零件的时间
	易于拆卸紧固件和连接件	移除的紧固件个数宜少
	拆卸工具类型更换次数少	紧固件类型宜统一
	拆卸过程中避免零件损坏	拆卸工具类型宜统一
	避免零件腐蚀	减少永久性连接

表 2 机电产品再制造设计准则（续）

再制造工艺	再制造需求	再制造设计准则
拆卸	清晰的拆卸步骤指示说明	零件损坏个数宜少
	连接可达性	损坏的连接个数宜少
	紧固件易于识别	易于损坏部分单独设计
	使用一个拆卸方向	使用不可腐蚀材料
	一次操作实现多个零件并行拆卸	提供拆卸步骤指示；定位零件；连接件类型、零件宜标准化
分类和检测	组件易于分类	组件结构统一或相似零件进行标记
	组件状况易于评估	零件标准化
	更多的客观检测方法	组件和连接个数宜少
	易于分类的工具开发	相似零件的颜色分类编码
	易于检测磨损和腐蚀	检测工具个数宜少
	清晰标识组件信息（生命周期、组成、磨损、指标等）	简单的零件测试
	检测点可达	提供了生命周期、组成、磨损指标等产品信息
清洗	内部组件可达	难以清洗的死角（如凹坑、拐角）数量宜少
	清洗方法简单	表面光滑
	内外表面简单	产生的废弃物宜少
	清洗方法标准	清洗时间宜少
	废弃物少且清洗过程环保	使用的清洗材料宜少
	清洗方法宜统一	指定清洗方法
	清洗方法指示	标签和指示能在清洗过程中不损坏
	标签和指示牌在清洗过程不易损坏	选择合适的材料类型和零部件形状
	零部件稳健性好	保留足够的强度冗余

再制造加工		
	避免主观准则	表面具有抗磨性
	替换的零部件宜少	循环使用的生命周期次数宜多
	技术可升级	磨损和失效部位易于定位
	模块化可升级	维修的组件个数和成本少
	所展示产品的清晰信息	报废组件技术周期
	纹理区域可再修复	组件模块化；组件可升级性；包含产品周期追踪方法
	其它	废弃的组件个数少；再制造加工零部件个数多，替换的零部件个数少
再装配和整机测试	易于调整	调整次数少
	能并适合升级	再装配时间宜少
	测试方法简单	最后测试时间少，提升结构装配性能

3.2.2 废旧产品易回收

产品结构设计时应减少产品体积，应避免在运输过程中有易于损坏的突出部位，且应便于存储堆放，如产品几何形状应规则，应避免不规则的凸台。产品设计中应留有足够的抓取空间和支撑。

3.2.3 易拆卸

产品设计中应采用可实现无损拆卸的结构，进行模块化和标准化设计，在拆卸时设计支撑和定位结构，实现产品易于拆卸能力，减少紧固件数量和类型，应使用标准化的紧固件等有效减少拆卸工具的使用，连接处避免腐蚀和锈蚀，减少拆卸深度，提供清晰的产品拆卸过程指示等。

3.2.4 易分类和检测

产品设计中，具有相同功能的零件应具有相同的特征，设计中应采用标准化零件，减少零件种类，对于相似零件应增加零件结构外形易于辨识的特征或标识等进行标记等，如通过在产品零部件上设计永久性标识或条码，实现产品零部件材料类别、服役时间、规格等信息的全寿命监控，便于对零部件进行快速分类和性能检测。

3.2.5 易清洗

设计产品时应使得产品表面平整、结构统一，不宜采用需要特殊清洗方法的材料、标签和指示牌等。

3.2.6 易再制造加工

产品设计中应预测其结构损伤失效模式，不断改进结构，避免产品零部件的结构性损伤，对于已产生的损伤零件，能够提供便于恢复加工的定位支撑结构。设计耐用性好的零件，零件表面应具有较强的抗磨性，或将易于失效的部分设计为一个可移除或可替代的零件，如销或套筒。

3.2.7 易装配

宜采用模块化设计和零部件的标准化设计。

3.2.8 易升级

产品设计中应预测产品末端时的功能发展，应使得产品结构灵活，能适应未来的技术升级，即在恢复性能的同时，通过结构改造增加新的功能以提高性能。

4 设计方法

4.1 可拆卸设计方法

4.1.1 通则

可拆卸设计将传统的面向功能和结构的设计扩展到包括维修、回收等的产品全生命周期设计。可拆卸设计方法包括基于准则的可拆卸设计法、嵌入式可拆卸设计法、主动拆卸设计法，具体要求如下：

- a) 基于准则的可拆卸设计法：将可拆卸设计基本要求融入产品设计过程以提高产品的可拆卸性能；
- b) 嵌入式可拆卸设计法：在产品设计中将分离特征嵌入到产品结构中并制造出来，通过触发一个拆卸特征（如拆卸一个或几个紧固件）后，其它连接部分即可自我拆卸。该方法从零部件几何特征出发，同时应考虑组件、定位器、紧固件的空间布局特征及零部件的回收决策；
- c) 主动拆卸设计法：采用智能材料（如形状记忆合金）或智能结构的紧固件代替传统紧固件，通过外界触发使产品自我拆卸。外界出发原理包括机械式、热能、化学能、电磁、电等。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/947133136040010003>