塑料件结构 · 卡扣 · 活页铰链 · 技术参考文档 · 公开

卡扣与活页铰链 设计

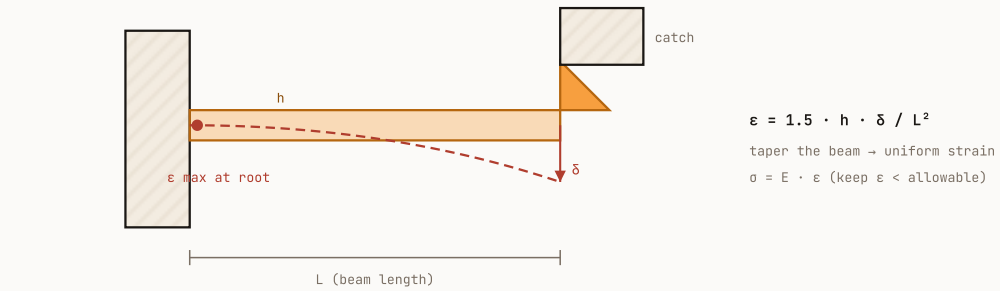
悬臂式卡扣、环形卡扣和一体式活页铰链的设计——应变极限、保持力与装配力、铰链几何形状，以及能够胜任的材料。

修订	发布	负责	附件
1.0	June 2026	Ideambox 工程团队	PDF 参考资料

摘要

卡扣和活页铰链是直接模塑在塑料件上的"免费"结构，可以取代螺钉和独立铰链。它们依靠弹性变形工作，因此整个设计本质上是一个应变问题：变形量要足以完成装配，但又必须低于材料的许用应变，才不会断裂或产生永久变形。

第 1 节介绍卡扣类型。第 2 节为悬臂式卡扣（应变、作用力）。第 3 节为环形卡扣。第 4 节为活页铰链。第 5 节为材料与注塑成型。第 6 节为失效形式与检查清单。



悬臂卡扣在装配时产生挠度 Δ，最大应变位于根部，E = 1.5·H·Δ/L²。只要它低于树脂的许用应变，卡扣就不会损坏——把悬臂做成渐缩形以分散应变，就能允许更大的挠度。

目录

1. 卡扣类型
2. 悬臂式卡扣
3. 环形卡扣（卡环）
4. 活页铰链
5. 材料与注塑成型
6. 失效形式与检查清单

1. 卡扣类型

卡扣在装配时发生变形，随后回弹，使卡钩（或卡环）扣在卡台后方。

类型	动作方式	用途
悬臂式（卡钩）	悬臂弯曲	默认方案——绝大多数卡扣
环形（卡环）	唇边撑开越过沟槽	盖子、圆形面框、密封
扭转式	扭杆扭转	拨杆、频繁开合的锁扣

卡合几何形状决定了卡扣的行为：较小的**退出角（保持角）**（~30–45°）使其可拆卸；陡峭/90° 的卡合面则使其成为永久连接。**导入角**（~20–30°）决定了装配的难易程度。

挠度 δ	卡扣在装配过程中的移动量
应变 ε	悬臂根部的局部伸长率——需要控制的量
许用应变	树脂可承受的最大应变（一次性使用与反复使用不同）
退出角	卡合面角度——角度小易于脱开，90° 为永久连接

2. 悬臂式卡扣

对于等截面悬臂，最大应变位于**根部**：

$\varepsilon = 1.5 \cdot h \cdot \delta / L^2$（h = 悬臂厚度，L = 长度，δ = 挠度），应力 $\sigma = E \cdot \varepsilon$。

- 保持 $\varepsilon \leqslant$ 许用值（见下表）。**采用渐缩悬臂**（向末端逐渐变薄或变窄）使应变分布均匀——在相同最大应变下，渐缩卡扣的挠度可增加约 2 倍。
- **装配力** ≈ 悬臂的变形力 ×（导入角正切值 + 摩擦）；**保持力**按更陡的退出角计算。减小导入角可使装配更省力；增大退出角可使保持更牢固。
- 更长/更薄的悬臂易于变形（应变低），但保持力也较小，需要权衡。可使用*卡扣应力*工具确定尺寸。

树脂	许用应变（一次性装配）	说明
ABS	2–3%	韧性好，简单可靠的默认选择
PC	~2%	强度高但缺口敏感
PP	5–6%	柔性极好，宽容度高
PA（尼龙）	2.7–3.5%	强度高；吸湿后性能会变化
POM（聚甲醛）	6–8%	非常理想的卡扣材料
PE	~5%	柔性好，模量低

对于**可拆卸 / 反复使用**的卡扣，按一次性许用值的 ≈60% 设计（循环次数多时还要更低）。

3. 环形卡扣（卡环）

环形卡扣通过唇边撑开越过配合沟槽实现卡合（瓶盖、圆形壳体）：

- 按**环向应变**确定尺寸：环向应变 =（撑开直径 − 沟槽直径）/ 沟槽直径——须低于材料许用值。
- **整圈卡环**刚度大（保持力高、装配力也大）；**分段**卡环（开槽）可同时降低两者，便于装配。
- 适合密封和对称固定；需要密封时，可与 O 形圈沟槽结合使用。

4. 活页铰链

活页铰链是与零件一体模塑的薄壁连接——设计得当可达数百万次开合，但只适用于合适的树脂：

- **材料：只能用 PP 或 PE**（或 PP 共聚物）。其他树脂会开裂。PP 是标准选择。
- **几何形状：** 铰链壁厚 **0.25–0.5 mm**，内侧圆角要足够大（~0.4–0.6 mm），平直段要短；薄壁段必须是弯曲变形，而不是拉伸变形。
- **工艺：** 浇口位置应使**熔体流动方向横穿铰链**（沿铰链方向的分子取向可显著提高疲劳寿命），并在**脱模后趁热立即弯折铰链一次**，以固定分子取向。
- 铰链要薄且厚度一致；过厚或厚薄不均的铰链会疲劳并发白。

5. 材料与注塑成型

- **卡扣：** POM 和 PP 宽容度最高；ABS 和 PA 最常用；PC 需谨慎（缺口敏感——根部要倒圆角）。
- **悬臂根部务必倒圆角**——尖锐的内角是应力集中源，会使卡扣寿命减半。
- 注意**拔模斜度和顶出**——卡扣通常需要滑块、斜顶或巧妙的分型面才能成型和脱模。

6. 失效形式与检查清单

失效形式	原因	对策
装配时断裂	应变 > 许用值，根部尖角	加长/渐缩悬臂，根部倒圆角，选用韧性更好的树脂
保持力丧失（蠕变）	长期处于变形状态、温度高、树脂偏软	不要让卡扣带预载，按零静态应变设计
疲劳（反复使用）	应变相对循环次数过高	按远低于许用值设计，渐缩悬臂，选用 POM/PP
活页铰链开裂/发白	树脂不对、壁厚过大或不均、浇口位置不当	PP/PE，0.25–0.5 mm 壁厚，熔体横穿铰链，趁热弯折

检查清单： 类型（悬臂式 / 环形 / 扭转式） → 根据装配行程确定 δ → 确定 L、h，使 $\varepsilon = 1.5h\delta/L^2$ 低于许用值（可重复使用时取 ≈60%） → 根部倒圆角，悬臂渐缩 → 按永久或可拆卸选择退出角/导入角 → 铰链选用 PP/PE、0.25–0.5 mm 壁厚、熔体横穿铰链。

This document is also a web page, kept up to date:
https://ideambox.com/zh-hans/downloads/snap-fit-living-hinge/

Designing something that needs this? ideambox.com/contact