动力传动 · 过盈配合 · 键 · 花键 · 技术参考文档 · 公开

轴毂 连接

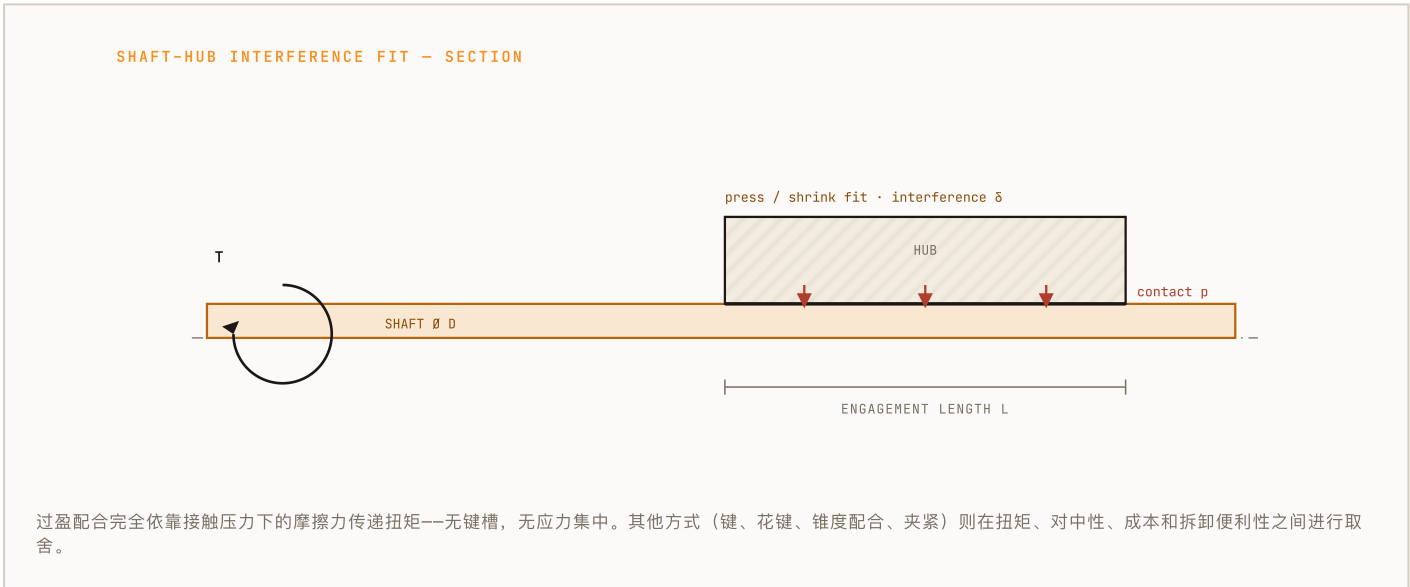
如何把扭矩从轴传递到轮毂——过盈配合、键、花键、锥度配合和夹紧式轮毂——各自可传递的扭矩、优缺点权衡以及尺寸计算。

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

摘要

轴毂连接在旋转轴与齿轮、带轮、链轮或联轴器之间传递扭矩（有时还有轴向力）。连接方式的选择——过盈配合、键、花键、锥度配合、紧定螺钉或夹紧式轮毂——需要在扭矩承载能力与对中精度、装拆便利性、对轴的损伤以及成本之间权衡。

第 1 节比较各种连接方式。第 2 节介绍过盈配合（压装/热装）及其传递扭矩。第 3 节介绍键与键槽。第 4 节介绍花键。第 5 节介绍锥度配合、夹紧式轮毂、胀紧套和紧定螺钉。第 6 节为选型检查清单。



过盈配合完全依靠接触压力下的摩擦力传递扭矩——无键槽，无应力集中。其他方式（键、花键、锥度配合、夹紧）则在扭矩、对中性、成本和拆卸便利性之间进行取舍。

目录

1. 各种连接方式的比较
2. 过盈配合（压装/热装）
3. 键与键槽
4. 花键
5. 锥度配合、夹紧式轮毂与胀紧套
6. 选型检查清单

1. 各种连接方式的比较

方式	扭矩	对中性	装拆	对轴的损伤	说明
过盈配合（压装/热装）	高	极好	困难（压装/加热）	无	结构简洁，无应力集中；需要压力或加热
平键 + 键槽	中–高	好	容易	键槽（应力集中）	成本低，标准化，默认方案
花键	很高	极好	容易（轴向滑入）	无额外损伤	多齿分担载荷；加工成本高
锥度配合（+ 螺母）	高	极好	中等	无	自动对中，精度高，可拆卸
夹紧式 / 剖分式轮毂	中	好	非常容易	无	位置可调；轴无需加工
胀紧套 / 锁紧盘	很高	好	中等	无	无键槽即可传递大扭矩
紧定螺钉（顶在平面上）	低	差	非常容易	损伤轴表面	仅用于轻载；应加工平面

1.1 术语

过盈量（δ）	装配前轴径比孔径大出的量
接触压力（p）	配合面上的径向压力（由拉梅公式求得）
结合长度（L）	轴与轮毂的轴向重叠长度——扭矩与之成正比
轮毂直径比	轮毂外径与内径之比——轮毂越薄，越早达到周向应力极限

2. 过盈配合（压装/热装）

轴径略大于孔径；装配后产生接触压力 **p**（由过盈量 δ 和拉梅厚壁圆筒公式求得，涉及轮毂几何尺寸及两种材料的 E 和 ν）。该压力下的摩擦力承担载荷：

- **扭矩** $T = \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L / 2$
- **轴向压出力** $F = \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D \cdot L$

式中 D 为配合直径，L 为结合长度，μ 为摩擦系数（干燥钢件 ≈0.1–0.15；压装时涂油则更低）。可使用*过盈配合*工具由 δ 求出 p、T 和 F。

- **按 ISO 286（GB/T 1800）配合标注：**轻型 `H7/p6`，中型 `H7/s6`，重型 `H7/u6`。过盈量越大 → 扭矩越大，但轮毂周向应力也越大（需校核轮毂不屈服），装配力也越大。
- **热装/冷装**（加热轮毂或冷却轴）能以很小的装配力达到同样的过盈量，并获得完整的保持能力——最适合大尺寸或大过盈量的配合。
- **表面粗糙度很重要：**粗糙表面在装配时会被压平，因此*有效*过盈量小于实测值——在粗糙表面上按名义尺寸设计的配合会高估扭矩。

3. 键与键槽

在轴和轮毂的对应键槽中装入平键（方形/矩形），是标准且经济的方法。键的尺寸应保证不被剪断或压溃，同时要考虑键槽作为轴上疲劳应力集中源的影响。

- **剪切：**键宽 × 键长在键的剪切面上承受 `F = 2T/D` 。
- **挤压：**键侧面与键槽壁之间的挤压通常是限制因素，也必须校核。
- **标准尺寸（DIN 6885，相当于 GB/T 1096；按轴径选取键 b × h）：**

轴径 Ø（mm）	键 B × H	轴径 Ø（mm）	键 B × H
10–12	4 × 4	30–38	10 × 8
12–17	5 × 5	38–44	12 × 8
17–22	6 × 6	44–50	14 × 9
22–30	8 × 7	50–58	16 × 10

轴上加工的键槽会提高局部应力（Kt ≈ 2–3）——对于正反转或重载的轴，这是疲劳隐患。在疲劳起控制作用的场合，键槽端部应采用较大圆角，或改用无键连接。

4. 花键

花键相当于在轴上直接加工出的多个键，载荷由所有齿共同分担——与单个键相比，扭矩大得多、对中性更好，也没有会被剪断的独立零件。

- **矩形花键**（较早、简单）与**渐开线花键**（强度更高、自动对中、更易于按量规加工）——渐开线花键是现代的默认选择。
- 它们允许在传递扭矩的同时**负载下轴向滑移**（例如传动轴、换挡机构）。
- 加工成本较高（拉削/滚齿），因此仅用于大扭矩或需要滑移的场合。

5. 锥度配合、夹紧式轮毂与胀紧套

- **锥度配合（+ 锁紧螺母）：**锥形轴/锥孔可精确自动对中，并靠摩擦锁紧；可拆卸。常见于机床主轴和曲轴带轮。
  - 锥度轴毂连接的扭矩：螺母的轴向力 F_a 压紧锥面，产生法向力 $F_N = F_a / (\sin(\alpha/2) + \mu\cdot\cos(\alpha/2))$ 和摩擦扭矩 $T = \mu \cdot F_N \cdot d_m / 2$（$\alpha$ = 圆锥角，d_m = 锥面平均直径，干燥钢件 $\mu \approx 0.10–0.15$）。
  - 标准圆锥轴伸锥度为 **1:10**（DIN 1448 / ISO 775）：$\alpha/2 \approx 2.86°$，因此 $\tan(\alpha/2) \approx 0.05 < \mu$，压入后连接可自锁；拆卸时需要拉拔器。
  - 示例：d_m = 30 mm，F_a = 20 kN，μ = 0.12 → $F_N \approx$ 118 kN → $T \approx$ 210 N·m。锥度配合中的键用于轮毂的周向定位；锥面正确拧紧时，键应只承担很小一部分扭矩。
- **夹紧式 / 剖分式轮毂：**开缝轮毂由螺钉夹紧，靠摩擦抱紧轴——轴无需加工，位置可无级调整；扭矩中等。非常适合样机和可调装置。
- **胀紧套 / 锁紧盘：**锥形环拉紧后将轮毂夹紧在轴上，可传递很大扭矩，无键槽，也没有疲劳缺口——用于键会发生疲劳的场合。
- **紧定螺钉：**仅用于轻载；必须顶在**平面**上（或用圆柱端顶入孔中），以免损伤轴表面并打滑。两个成 90° 布置的螺钉比一个更可靠。

6. 选型检查清单

- **扭矩**——稳态值，以及正反转或冲击峰值（这些决定是否选用无键连接/花键）。
- **对中 / 径向跳动**——过盈配合、锥度配合和花键对中最好；紧定螺钉最差。
- **轴向特性**——轮毂需要滑移（花键）还是保持定位（配合/键/螺母）？
- **装拆**——维修可达性和频率：需要方便拆卸选夹紧式/胀紧套，永久连接选过盈配合。
- **对轴的损伤**——疲劳关键或经淬硬的轴，应避免键槽/紧定螺钉压痕（采用无键连接）。
- **成本**——键最便宜；花键和胀紧套最贵。
- **然后：**确定所选方式的尺寸（过盈配合用过盈配合工具；键按剪切 + 挤压；花键/胀紧套按供应商额定扭矩），并在键槽处校核轴的疲劳强度。

This document is also a web page, kept up to date:
https://ideambox.com/zh-hans/downloads/shaft-hub-connections/

Designing something that needs this? ideambox.com/contact