

T/TMAC

团 体 标 准

T/TMAC XXXX—XXXX

直齿端面齿通用技术规范

General technical specification for straight face serrations

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国技术市场协会 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 符号与代号 1

5 结构型式与基本参数 2

 5.1 结构型式 2

 5.2 基本参数 2

 5.3 齿盘配对 2

6 技术要求 2

 6.1 材料 2

 6.2 有效硬化层深度 3

 6.3 几何精度 3

 6.4 齿面质量 3

 6.5 啮合性能 3

 6.6 防锈 3

7 检测方法 3

 7.1 材料 3

 7.2 有效硬化层深度 3

 7.3 几何精度 3

 7.4 齿面质量 4

 7.5 啮合性能 4

 7.6 防锈 5

8 检验规则 5

 8.1 检验分类 5

 8.2 出厂检验 5

 8.3 型式检验 5

 8.4 判定规则 5

9 标志、包装、运输、贮存 5

 9.1 标志 5

 9.2 包装 6

 9.3 运输 6

 9.4 贮存 6

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××××提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

直齿端面齿通用技术规范

1 范围

本文件规定了直齿端面齿的基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。
本文件适用于航空航天、压缩机、燃气轮机、核电泵、轨道交通、重型传动轴、机床刀塔、机器人关节等领域用直齿端面齿。

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 1800.1 产品几何技术规范（GPS） 线性尺寸公差ISO代号体系 第1部分：公差、偏差和配合的基础
- GB/T 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）
- GB/T 9450 钢件渗碳淬火硬化层深度的测定
- GB/T 10095.1 圆柱齿轮 精度制 第1部分：轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值
- GB/T 10610 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法
- GB/T 11354 钢铁零件 渗氮层深度测定和金相组织检验
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1 **直齿端面齿** straight face serration
齿线方向为直线、分布于零件端面上、以端面齿廓相互啮合传递扭矩并兼作定位的齿形结构（以下简称“端齿”）。
- 3.2 **端面模数** transverse module
分度圆直径除以齿数所得的值，单位为 mm。直齿端面齿取端平面内的模数。
- 3.3 **重复定位精度** repeatability of positioning
端齿副多次分离再啮合后，定位角度的变动量。
- 3.4 **齿面接触斑点** tooth contact pattern
施加规定预紧力啮合后，齿面上着色痕迹的面积占比。
- 3.5 **硬化层深度** case hardening depth, CHD
从齿面沿法向至规定硬度值处的深度。

4 参数符号与单位

符号及其含义见表1。

表 1 参数符号及单位

符号	含义	单位
m	端面模数	mm
z	齿数	—
α	压力角	°
d	分度圆直径	mm
d_a	端齿外径	mm
d_f	端齿内径	mm
L_p	节线距	mm
b	齿宽	mm
D_o	安装内孔直径	mm
F_p	齿距累积偏差	μm
f_p	单个齿距偏差	μm
f_f	齿形偏差	μm
F_r	径向跳动	μm

5 基本要求

5.1 结构型式

- 5.1.1 直齿端面齿按用途分为下列类型：
- a) 整体式齿盘：用于分度定位；
 - b) 法兰联接式端齿：用于动力传动；
 - c) 传动轴端齿：用于轴端配合。
- 5.1.2 齿廓为等腰三角形直齿，齿形角 γ 为 60° ；传动用端齿齿高可适当加大，齿根圆角半径 r 取 0.3 的整数倍。齿根倾角 α 公差为 $\pm 3'$ ，底部圆弧角 R 公差为 $\pm 0.1\text{ mm}$ ，齿间隙 C 公差为 $\pm 0.05\text{ mm}$ 。

5.2 基本参数

- 5.2.1 模数 m （单位：mm）：应按 0.5，1，1.5，2，2.5，3，4，5，6，8 的系列选取。
- 5.2.2 齿数 z ：应符合下列规定：
- a) 精密仪器： $z=120\sim 720$ ；
 - b) 数控机床转台： $z=72\sim 360$ ；
 - c) 机器人关节： $z=40\sim 200$ ；
 - d) 航空发动机/燃气轮机： $z=30\sim 120$ ；
 - e) 重型传动： $z=6\sim 60$ 。
- 5.2.3 压力角 α ：应为 30° ；重载冲击、小模数高齿、进口设备互换或深渗碳淬火等特殊工况，经供需双方同意可采用 40° ，应在图样中注明。
- 5.2.4 分度圆直径： $d=m\cdot z$ ，公差按 GB/T 1800.1 的 IT7~IT8 级选取。
- 5.2.5 齿宽 b ：宜取 $b=(0.8\sim 1.5)m\cdot z^{1/2}$ ，且 b 不小于 6 mm；高速工况 b 宜取下限。
- 5.2.6 以外径为主参数时，外径系列为：48 mm、58 mm、68 mm、78 mm、88 mm、98 mm、108 mm、128 mm、168 mm、182 mm、208 mm、214 mm、228 mm、248 mm、378 mm 和 538 mm。外径公差为 H7，内径公差为 H7。

5.3 齿盘配对

端齿副应按“一对一副”成对制造、成对标记、成对交付；不允许混用不同副的齿盘。

6 技术要求

6.1 材料

材料牌号及热处理要求应符合表2的规定。

表 2 材料牌号及热处理要求

材料代号	材料牌号	热处理	齿面硬度	适用场景
I	20Cr	渗碳淬火	58~62 HRC	冲击载荷较大
II	38CrMoAlA	氮化	≥900 HV (HV10)	高耐磨、高精度保持
III	40Cr	调质	28~32 HRC	综合性能优
IV	QT600-3	正火/退火	180~220 HB	结构减重、低成本
注：材料代号I~IV用于齿盘标记。				

6.2 硬化层深度

6.2.1 渗碳淬火：CHD 应为模数的（0.15~0.25）倍，且不应小于 0.5 mm；

6.2.2 氮化：CHD 不应小于 0.3 mm。

6.3 几何精度

精度等级与允许值应按表3分为四级控制：

表 3 精度等级与允许值

精度等级	重复定位精度（"）	端面跳动/径向跳动（mm）	齿距累积偏差F _p (级)	适用场合
普通级	±3~±5	≤0.015	8	一般分度、定位
精密级	±2~±3	≤0.010	7	数控机床、加工中心
高精度级	±1~±2	≤0.005	6	精密转台、机器人关节
超高精度级	±0.5~±1	≤0.002	5	航空航天、精密仪器
注1：跳动是指装配状态下齿盘端面对安装基准轴的端面跳动及外圆径向跳动； 注2：齿距累积偏差F _p 按GB/T 10095.1的规定分级。				

6.4 齿面质量

6.4.1 齿面粗糙度 Ra 不应大于 0.8 μm，高精度级及以上的 Ra 不应大于 0.4 μm；

6.4.2 齿面不允许有裂纹、烧伤、氧化皮；

6.4.3 齿顶不应有崩边，齿根不应有磨削烧伤。

6.5 啮合性能

6.5.1 齿面接触斑点：在着色层不大于 0.01 mm 的红丹或蓝印油涂层下，施加设计预紧力后，单侧齿面接触率不应小于 80%，且接触带应居中、沿齿高方向连续。

6.5.2 静态扭转刚度、额定传递扭矩应由设计图样规定，型式检验时应按图样验证。

6.6 耐腐蚀性

端齿在制造、贮存、运输全过程中应采取防锈措施。齿面精加工后至装配前，应进行中间防锈处理；成品出厂前应进行终防锈处理。按GB/T 2423.17的规定进行48 h的中性盐雾试验，齿面不应出现可见锈蚀。

7 试验方法

7.1 材料

材料化学成分按炉批号查验供应商质保书，必要时按GB/T 4336进行光谱分析复核。

7.2 硬化层深度

7.2.1 渗碳淬火：按 GB/T 9450 的规定执行。在齿宽中部垂直齿面切取试样，用维氏显微硬度法测定从表面至 550 HV 处的垂直距离。

7.2.2 氮化：按 GB/T 11354 的规定执行，化合物层（白亮层）厚度与脆性评级同步进行。

7.3 几何精度

7.3.1 齿距偏差与齿形偏差：在齿轮测量中心或三坐标测量机上，按 GB/T 10095.1 规定的方法逐齿测量，取最大值。

7.3.2 端面跳动与径向跳动：试验环境应无尘、无油、恒温恒湿；应隔震，杂音不应超过 40 dB；能见度不应低于 20 m。将齿盘以安装基准孔或基准轴定位，固定在分度台上，用分辨率为 0.001 mm 的千分表在齿顶圆和端面靠近齿根处测量，旋转一周读数的最大差值即为跳动值。仪器设备要求：转台精度不应小于检测精度的 1/3；量表精度不应小于检测精度的 1/3；千分表分辨率为 0.001 mm；高度尺精度为 300 ± 0.02 mm。

7.3.3 重复定位精度：将配对端齿副安装在试验夹具上，施加设计预紧力啮合，标记初始角度位置；脱开、旋转一个任意角度后再啮合，用自准直仪或激光干涉仪测量角度偏移量。重复操作不少于 5 次，取最大偏移量为重复定位精度。

7.4 齿面质量

7.4.1 表面粗糙度：用触针式轮廓仪在齿面沿齿高方向测量，取样长度按 GB/T 10610 选取，取 3 个相邻齿的算术平均值。

7.4.2 外观缺陷：目视检查，必要时可用 5 倍放大镜辅助。目测要求：

- a) 检测人员应无色弱和色盲；
- b) 检测人员应当受过接触面检测的专业培训；
- c) 室内光照应用照度计检测，照度应在 4500 lux~5500 lux 之间，如室内光照达不到要求，可用手电筒补光，光照度应达到规定数值；
- d) 检测环境能见度 10 m 以上，且无粉尘。

7.5 啮合性能

7.5.1 齿面接触斑点

7.5.1.1 试验材料

7.5.1.1.1 红丹油：应稀释，稀释液体可采用液压油、导轨油、齿轮油，稀释比例为 1: 25。

7.5.1.1.2 蓝丹油：不需稀释，保存过程中需密封封口，单支开启后使用时间不得超过 6 个月。

7.5.1.2 试验工具

不易掉毛的宽毛刷、窄毛刷；铜棒、橡皮锤。

7.5.1.3 试验步骤

7.5.1.3.1 清洗：将检具和被检工件齿面清洗干净。

7.5.1.3.2 涂抹合模油：给检具齿面涂抹合模油，厚度在 $2 \mu\text{m} \sim 4 \mu\text{m}$ ，涂抹厚度应均匀一致；涂抹一次合模油，拓印三次，最终结果以第三次为准。

7.5.1.3.3 敲击：按基本尺寸确定敲击点数。基本尺寸 1 mm~10 mm 敲击 1 次，10 mm~30 mm 敲击 2 次，30 mm~50 mm 敲击 3 次，50 mm~250 mm 敲击 4 次，250 mm~400 mm 敲击 6 次，400 mm~800 mm 敲击 8 次，800 mm~1250 mm 敲击 10 次，1250 mm~2000 mm 敲击 12 次，2000 mm~3150 mm 敲击 16 次；敲击力度在 40 N~60 N；采用皮锤时皮锤抬起高度不应超过 200 cm（即肩膀高度），采用铜锤时铜锤抬起高度不应超过 9 cm（即手掌宽度）；敲击时左手需按压检具的一侧，再采用敲击工具敲击 180° 对称点的一侧。

7.5.1.4 试验结果判定

7.5.1.4.1 目测：观察着色痕迹的分布情况。

7.5.1.4.2 拓印区域取样：使用拓印胶带将拓印区域的合模油粘下并附于纸上，取三等分六处齿面。

7.5.1.4.3 拓印区域合规判断：合格接触分为角落不接触和边沿不接触；不合格接触分为接触空心化和接触不均匀。

7.5.2 静态扭转刚度与额定扭矩

按设计图样规定的加载方案，在扭转试验台上逐级加载至额定扭矩，记录扭转角位移，绘制扭矩—转角曲线。型式检验时进行。

7.6 耐腐蚀性

中性盐雾试验应按GB/T 2423.17的规定执行。试验结束后2 h内取出，用清水冲洗表面沉积物，热风吹干，立即在自然光或等效人工照明下目视检查，齿面不应出现锈蚀。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验应分为出厂检验和型式检验，检验项目应按表4执行。

表 4 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
1	材料	—	√
2	齿面硬度	△（抽检）	√
3	硬化层深度	△（抽检）	√
4	齿距偏差与齿形偏差	√	√
5	端面跳动与径向跳动	√	√
6	重复定位精度	—	√
7	表面粗糙度	√	√
8	外观缺陷	√	√
9	齿面接触斑点	—	√
10	静态扭转刚度与额定扭矩	—	√
11	防锈	—	√

注：“√”表示必检项目；“—”表示不检项目；“△”表示按批次抽检或按图样要求执行的项目。

8.2 出厂检验

每套端齿应按表4中的出厂检验项目进行全数或抽检验证，全部合格方可出厂。

8.3 型式检验

型式检验项目应符合表4的规定，有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- b) 正常生产每年检验一次；
- c) 正式生产后，生产工艺、主要原材料变化，可能影响产品性能时；
- d) 停产 1 年后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

8.4 判定规则

8.4.1 出厂检验的项目全部合格，应判定为合格，有不合格项，允许加倍抽样复检；复检仍不合格，应判定为不合格。

8.4.2 型式检验应从出厂合格品中随机抽取，样本不应少于 2 套。任一项不合格，应判定为不合格。

9 标志、包装、运输与贮存

9.1 标志

每套产品应永久标识下列内容：

- a) 制造商代号；
- b) 产品型号、批次号；
- c) 齿数 z、模数 m；
- d) 执行标准编号。

9.2 包装

防锈处理后应用气相防锈袋包裹，装入符合GB/T 13384规定的包装箱，箱内应加防震垫。箱外应标明“小心轻放”“防潮”“向上”。

9.3 运输

运输过程中应采取防锈措施，避免剧烈震动、雨淋。

9.4 贮存

产品应贮存于干燥通风库房，温度宜为5℃～40℃，相对湿度不应大于70%，远离酸、碱、盐雾源及热源。长期贮存每6个月开箱抽检防锈状态，发现油膜干涸或锈迹应重新防锈处理。
