

《直齿端面齿通用技术规范》团体标准

征求意见稿 编制说明

一、任务来源

直齿端面齿作为兼具扭矩传递与高精度自定心功能的关键联接与传动元件，其近年受到持续关注主要源于高端装备对紧凑化、轻量化及高重复定位精度的迫切需求。在航空航天动力分流传动、精密机床分度转台、高速离心压缩机转子联接以及重载驱动桥差速锁等场景中，传统键联接或过盈配合已难以同时满足大转矩传递、频繁装拆后的微小回跳误差及良好的动平衡要求，这促使直齿端面齿在结构选型和系统设计中更广泛地纳入考量，并推动对其啮合原理、承载能力与失效模式的深入研究。

从设计理论与啮合分析角度看，近年研究重点转向复杂空间齿面的精确数学建模与接触特性仿真，通过引入点接触设计理念和齿面微观修形来扩大理论接触区、均化齿面载荷并降低对装配误差的敏感性。与此同时，有限元接触分析与多体动力学仿真被广泛用于预测传动误差、接触迹走向及边缘接触风险，使端面齿副能够在交变载荷与偏心误差共存的实际工况下维持较高的重合度与传动平稳性，部分新型构型还尝试通过变压力角或负压力角设计来改善防脱啮性能和轴向锁紧效果。

在制造工艺与精密加工方面，五轴联动加工中心配合成形或展成铣削已成为中等精度端面齿的主流加工手段，而对于航空及精密分度类的高要求产品，则更多采用专用数控磨齿或碟形砂轮点接触磨削工艺以获得更高的齿距累积误差控制和齿面粗糙度水平。为降低对昂贵进口专机的依赖，近年也出现了基于通用锥齿轮加工机床的展成法改制方案、电解加工等特种工艺探索以及模具一次性压制成型思路，旨在兼顾大批量生产的效率与一致性，同时围绕刀具廓形设计、机床运动轴误差补偿及在线检测技术开展配套研究。

材料及热处理技术的进步同样构成了直齿端面齿发展的重要背景，超纯净渗碳合金钢、真空渗碳与深层碳氮共渗工艺的普及显著提升了齿根弯曲疲劳强度和齿面接触疲劳寿命，表面喷丸强化与类金刚石或硬质薄膜涂层则进一步改善抗磨损与抗微点蚀能力。此外，行业逐渐重视该类零件几何参数系列化与精度检验规范的统一，推动从材料选择、齿形设计、精密加工到综合检测的闭环质量控制体系建立，以适应新能源电驱、高端机床及军工传动等领域对高可靠、长寿命端面齿联接不断增长的需求。

目前，直齿端面齿相关的标准有GB/T 33520-2017 传动轴T型端面齿、JB/T 4316.2-2011 直齿端齿盘第2部分：精度检验。

GB/T 33520—2017仅规定传动轴T型端面齿的型式与尺寸，JB/T 4316.2—2011仅针对机床分度用端齿盘的精度检验方法，二者适用范围窄且内容割裂，未涵盖材料、热处理、配对要求及重复定位精度等要素。

《直齿端面齿通用技术规范》团体标准整合端齿盘与法兰式端面齿，统筹规定术语参数、材料热处理、多

级精度、检验方法及配对使用要求，覆盖设计制造验收全流程，适用对象更广、技术要素更完整、工程指导性更强，可有效解决现有标准分散片面导致的选用混乱问题。

为此申请立项《直齿端面齿通用技术规范》该标准。本团体标准的制定，具有以下几方面的意义：

1、统一技术语言与参数体系

通过建立统一的术语定义、符号代号及基本参数系列，消除各企业间因设计表述不一致造成的理解偏差，为设计、制造、检验和供需双方提供公认的技术沟通基础。

2、实现产品跨厂互换与配套

规范模数系列、齿数推荐值及配合副配对要求，使不同制造厂生产的直齿端面齿具备几何与功能上的互换可能，便于设备维修时就近采购替代件，降低用户备件储备与维护成本。

3、规范精度与质量控制要求

明确齿距偏差、接触斑点、重复定位精度及热处理等技术指标与检验方法，为企业设定可量化的质量目标，约束低质产品流入市场，整体提升国产直齿端面齿的传动可靠性与服役寿命。

4、促进设计制造系列化与降本增效

引导产品设计按推荐参数系列进行选型与模块化设计，减少不必要的规格种类，提高单品种生产批量，优化工艺装备利用率，缩短新产品开发周期并降低制造成本。

5、强化产业链上下游协同

为主机厂、传动部件厂及原材料热处理供应商提供一致的技术依据，使上游工艺开发与下游应用需求有效对接，减少因技术要求不明确导致的返工、争议和质量纠纷。

先进性与创新性：

1. 跨领域通用覆盖

标准打破机床、航空、机器人等行业的壁垒，将分度定位与动力传动用直齿端面齿纳入统一规范，首次实现多场景通用技术协同，填补国内跨行业端齿通用标准空白。

2. 分级精度体系创新

建立普通至超高精度四级精度框架，将重复定位精度、跳动与齿距累积偏差联动分级，覆盖从一般分度到航天精密仪器的全谱系需求，引领高端装备定位精度管控范式。

3. 一对一副配对机制

首创端齿副“成对制造、标记、交付”规则，禁止跨副混用，从标准层面保障多次分离再啮合的定位一致性，解决传统端齿互换性乱、重装精度漂移的工程痛点。

4. 齿面接触可视化评判

规定红丹/蓝印油着色与拓印判定法，明确接触带居中连续及单边接触率要求，将抽象的啮合质量转为可目检、可拓印留痕的工艺闭环，提升出厂一致性评价科学性。

5. 材热处理集成规范

统筹渗碳淬火、氮化、调质等四条材料路线及对应硬化层深度，按冲击、耐磨、减重等场景映射选材，推动端齿从“单件经验选型”走向“标准工况匹配”。

二、起草单位所作工作

1. 起草单位

本标准由雄名航空科工（芜湖）股份有限公司、安徽工程大学、芜湖职业技术大学等单位共同起草。

2. 主要起草单位及其所作工作

本文件主要起草单位及工作职责见表1。

表1 主要起草单位及工作职责

起草单位	工作职责
雄名航空科工（芜湖）股份有限公司	项目主编单位，负责标准制定的统筹规划与安排，标准内容和试验方案编制与确定，标准水平的把握及标准编制运行的组织协调。人员中包括了行业资深专业人员，行业管理人员
安徽工程大学、芜湖职业技术大学	实际生产单位、负责汇报实际生产数据、试验方法，参与标准编制。

三、标准的编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

四、标准编制过程

4.1 调研阶段

1. 技术现状调研

直齿端面齿作为精密传动与定位的核心零部件，在数控机床、航空发动机、燃气轮机、离心压缩机、机器人关节、轨道交通等高端装备领域获得广泛应用，其结构紧凑、自定心、重复装配定位精度高、刚度大、临界转速高等优异特性已被行业普遍认可。直齿端齿盘因加工工艺相对简便，应用规模在各类端面齿中居于主导地位。然而，随着离心压缩机小型化、航空发动机轻量化等新工况涌现，少齿数端面齿的齿形精确计算与加工控制难度显著上升，传统近似公式与单一研磨工艺已难以稳定满足高接触精度要求，暴露出基础工艺研究与新应用场景适配性不足的问题。

2. 市场需求分析

伴随高端装备制造业向精密化、智能化方向加速转型，直齿端面齿在航空航天、燃气轮机、核电泵、重型传动轴、机床刀塔、机器人关节等领域的配套需求持续攀升。下游主机厂对端齿副的互换性、可靠性、

长寿命及可维护性提出了更为严苛的要求，期望通过标准化手段降低备件库存与运维成本。与此同时，国内高端装备产业链自主可控战略深入推进，端齿作为关键核心零部件，其国产化替代进程对统一技术规范的需求日益迫切，市场呼唤一部覆盖设计、制造、检验、应用全链条的通用标准。

3. 相关标准研究

我国目前涉及端面齿的标准呈碎片化状态。JB/T 4316.1—2011《直齿端齿盘 第1部分：系列参数和尺寸》及JB/T 4316.2—2011主要适用于金属切削机床圆分度用的齿盘；GB/T 33520—2017《传动轴 T型端面齿》针对传动轴 T 型齿形；JB/T 12045—2014仅适用于冶金设备联轴器法兰端面齿联接；GB/T 12369—1990侧重于直齿及斜齿锥齿轮基本齿廓。上述标准均未对通用直齿端面齿的材料热处理、精度分级、硬化层深度、啮合性能、防锈等关键技术指标作出系统规定。在精度评定方面，可引用GB/T 10095.1—2022《圆柱齿轮 ISO 齿面公差分级制 第1部分：齿面偏差的定义和允许值》作为齿距与齿形偏差的分级依据；在硬化层深度测定方面，可引用GB/T 9450 与 GB/T 11354；在防锈性能考核方面，可引用GB/T 2423.17。制定《直齿端面齿通用技术规范》团体标准，能够有效填补国内通用端齿领域系统技术规范的空白。

4. 产业链调研

直齿端面齿产业链覆盖高端装备整机厂、齿轮及传动零部件制造企业、原材料供应商、热处理及表面处理服务商、精密加工设备商、检测仪器与认证机构，以及从事齿轮传动与精密测量研究的科研院所。调研发现，产业链各环节对统一技术标准均表现出较强诉求：整机制造企业希望获得可靠的配套采购与验收依据；零部件制造企业希望明确工艺与检测底线以规避低端竞争；材料与热处理服务商希望标准引导高性能材料与先进工艺的规范应用；检测机构希望形成科学的量值溯源与判定体系。产业链各方具备共同参与、协同推进标准制定的现实基础。

5. 行业问题与挑战

当前直齿端面齿行业面临诸多深层次痛点。其一，产品兼容性差，不同企业生产的端齿副因尺寸、齿形、精度参数不统一而难以互换，大型装备中常出现安装困难、传动效率降低等问题。其二，传动精度与可靠性不足，部分产品齿面接触率、表面粗糙度等关键指标失控，在重载、高速工况下易出现振动、噪声及早期磨损。其三，行业秩序有待规范，劣质材料与落后工艺生产的低价产品扰乱市场，行业准入门槛亟待通过标准提升。其四，新技术应用缺乏规范牵引，先进锻造、高性能渗碳淬火、精密磨削等工艺在端齿领域的应用效果参差不齐。其五，我国端面齿核心技术在国际标准体系中话语权偏弱，亟需通过原创性团体标准的制定，推动中国技术方案向行业标准、国家标准乃至国际标准化组织输出，支撑高端装备产业链安全与国际竞争力提升。

4.2 立项阶段

2026年7月27日，中国技术市场协会正式批准《直齿端面齿通用技术规范》立项。

4.3 起草阶段

4.3.1 成立标准制定工作组，根据《直齿端面齿通用技术规范》编制需要，雄名航空科工（芜湖）股份有限公司、安徽工程大学、芜湖职业技术大学等机构相关专家成立标准制定工作组。

4.3.2 形成标准草案：根据工作计划及分工安排，在系统参考、学习已有标准及研究的基础上，标准制定工作组完成《直齿端面齿通用技术规范》各部分内容，并于2026年8月20日汇总形成标准草案。

4.3.3 2026年8月28日，通过腾讯会议线上召开了《直齿端面齿通用技术规范》团体标准讨论会，与会代表30余人参加会议。会上，标准编制组就该标准立项背景和标准框架分别进行了介绍。与会专家和代表就标准名称、框架结构、定义、范围、技术指标、试验方法等内容进行了深入讨论。明确了该标准编制工作方向，并提出了一系列标准内容的完善措施和修改意见、建议。

在讨论会结束后标准编制工作组根据与会专家及参会代表的意见和建议，对标准稿进行了修改完善，形成了标准征求意见稿和编制说明。

4.4 征求意见阶段

2026年8月，本标准由中国技术市场协会在全国团体标准信息平台面向社会进行公开征求意见，同时由编制工作组向相关单位进行定向征求意见，具体见《征求意见汇总表》。

五、标准主要内容

根据生产企业雄名航空科工（芜湖）股份有限公司、安徽工程大学、芜湖职业技术大学等单位的产品数据得到以下主要技术内容：

1. 重复定位精度

指端齿副多次分离再啮合后定位角度的变动量，是评价分度定位能力的核心指标；按精度等级由普通级 $\pm 3'' \sim \pm 5''$ 到超高精度级 $\pm 0.5'' \sim \pm 1''$ 分级控制。

2. 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，施加设计预紧力啮合后，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，用以评估啮合质量。

3. 几何精度

涵盖端面跳动、径向跳动及齿距累积偏差 F_p 等要素；跳动按装配状态分级控制，从普通级 ≤ 0.015 mm到超高精度级 ≤ 0.002 mm， F_p 按GB/T 10095.1的5~8级分级。

4. 齿面硬度与有效硬化层深度

渗碳淬火齿面硬度应达58~62 HRC，氮化件 ≥ 900 HV，有效硬化层深度应为模数的0.15~0.25倍且不小于0.5 mm，氮化件不小于0.3 mm，决定耐磨性与承载寿命。

5. 防锈性能

端齿在制造、贮存、运输全过程应采取防锈措施，按GB/T 2423.17进行48 h中性盐雾试验，齿面不应出现可见锈蚀，是考核环境适应性的重要指标。

六、主要试验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要试验（验证）的分析

围绕直齿端面齿全生命周期可靠性展开，以材料化学成分复验、硬化层深度测定、几何精度检测、齿面质量评估、啮合性能试验及防锈性能考核为主线，形成完整证据链。通过光谱分析复核材料牌号，依托显微硬度法测定渗碳淬火与氮化层深度，借助齿轮测量中心与三坐标测量机验证齿距及齿形偏差，利用自准直仪或激光干涉仪评定重复定位精度，并采用红丹或蓝印油着色法检验齿面接触斑点分布。静态扭转刚度与额定扭矩验证、中性盐雾腐蚀试验进一步支撑产品在重载、高精度与严苛环境下的适应性。整套验证体系以型式检验为最高门槛，覆盖出厂与周期复检，确保端齿副在反复分离再啮合过程中的性能稳定性与寿命可信度，为高端装备传动定位提供坚实技术背书。

6.2 技术经济论证

立足于直齿端面齿在高端装备制造中的关键地位，其结构紧凑、自定心、重复装配定位精度高、易拆装、刚度大等优异特性，使其在航空航天、燃气轮机、核电泵、轨道交通、重型传动轴、机床刀塔及机器人关节等领域具有不可替代性。通用技术规范的制定统一了模数系列、压力角、精度分级、材料热处理及检验规则，从根本上解决了此前行业产品兼容性差、传动精度与可靠性不足、新技术应用缺乏规范等痛点。通过明确齿盘成对制造标记交付要求，以及分级控制的几何精度与齿面质量指标，可显著降低因产品不匹配导致的安装困难与传动效率损失，减少振动、噪声及齿面磨损引发的早期失效。标准化的检测方法判定规则，为产业链上下游提供了统一话语体系，使生产制造成本、质量管控成本与全生命周期维护成本均得以结构化优化。

6.3 预期的经济效果

体现为多层次、广维度的产业增值。在微观企业层面，通用技术规范的贯彻将倒逼制造企业提升工艺水平与检测能力，淘汰落后产能，促进行业集中度提高，龙头企业与创新型企业可通过技术标准话语权构建竞争壁垒，抢占高端装备配套市场先机。在中观行业层面，统一的标准体系将打通主机厂与零部件供应商之间的协作通道，提升互换性与维修便利性，缩短装备交付周期，降低备件库存与运维支出，推动直齿端面齿产品参与市场竞争，破除技术贸易壁垒。在宏观战略层面，该标准的实施服务于高端装备制造自主可控的国家战略，保障航空发动机、燃气轮机、离心压缩机等关键装备的供应链安全，带动材料、热处理、精密加工、智能检测等上下游产业链协同升级，最终实现产品质量、产业效率与市场竞争力的系统性跃升。

七、标准水平分析

7.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

未采用。

7.2 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

本标准的制定与现有的标准及制定中的标准协调配套，无重复交叉现象。

7.3 涉及国内外专利及处置情况

经查，本标准没有涉及国内外专利。

八、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十一、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本标准首次制定，没有特殊要求。

十二、废止现有有关标准的建议

无。

团体标准起草组

2026 年 8 月