

《数控机床电主轴通用技术要求》团体标准

送审稿 编制说明

一、任务来源

电主轴是数控机床的关键部件，它将机床主轴与主轴电机融为一体，通过内装式电动机直接驱动，实现了机床的“零传动”。这种设计不仅简化了机床的传动系统，更显著提升了主轴的高速性能和整体刚性，使得数控机床能够满足复杂、高精度的加工需求。近年来，随着制造业的快速发展和智能化转型，电主轴技术不断革新，其应用范围也逐步拓展至航空航天、国防、汽车、电子、医疗等多个领域。

在技术进步方面，电主轴的研发与生产不断融入新材料、新工艺和新技术。新型轴承材料的应用，如陶瓷轴承、磁悬浮轴承等，提高了电主轴的耐磨性和承载能力。同时，精密制造技术的引入，如超精密加工、表面改性技术等，进一步提升了电主轴的加工精度和表面质量。此外，数字化控制技术的广泛应用，使得电主轴的转速、扭矩等关键参数能够实现精准调控，从而满足了不同加工场景下的多样化需求。

在市场需求方面，随着制造业的转型升级和智能化需求的日益增长，电主轴市场呈现出蓬勃发展的态势。一方面，高端装备制造、精密制造等领域的快速发展，推动了电主轴技术的不断创新和升级。另一方面，传统制造业对于高效、高精度加工设备的需求增加，也促进了电主轴市场的持续扩张。这种市场需求的变化，不仅体现在对电主轴数量的需求上，更体现在对电主轴性能、质量和稳定性的更高要求上。

在政策支持方面，各国政府纷纷出台相关政策，鼓励智能制造和高端装备制造的发展。这些政策不仅为电主轴行业提供了良好的发展环境，也推动了相关产业链的不断完善。在政策的引导下，电主轴行业逐渐形成了产学研用紧密结合的创新体系，加速了科技成果的转化和应用。同时，政府对于知识产权的保护力度加强，也激发了电主轴企业的创新活力，推动了行业的技术进步和产业升级。

在竞争格局方面，电主轴市场呈现出多元化和全球化的趋势。国内外众多企业纷纷涉足电主轴领域，通过技术创新和市场拓展，不断提升自身的竞争力和市场份额。这种竞争格局的形成，不仅促进了电主轴技术的交流和融合，也推动了行业标准的制定和完善。同时，国际市场的开拓也为电主轴企业提供了更广阔的发展空间，使得电主轴产品能够走向全球，服务于更多的制造业领域。

目前，数控机床电主轴相关的标准有JB/T 10273-2013 数控机床交流主轴电动机 通用技术条件、JB/T 10801.3-2007 电主轴 第3部分：数控车床用电主轴技术条件。

JB/T 10273-2013主要聚焦于交流主轴电动机的通用技术条件，涵盖了一系列技术要求和试验方法，适用于传统机械主轴的电动机部分。而JB/T 10801.3-2007则专门针对数控车床用电主轴的技术条件进行了规定，包括运行条件、定额和工作制、噪声、振动等方面的具体要求。

相比之下，《数控机床电主轴通用技术要求》团体标准在整合上述两者优点的基础上，更加注重电主轴的整体性能与质量的综合评价，可能包含了更广泛的技术指标和更先进的测试方法。该团体标准旨在推动电主轴技术的标准化、系列化和专业化发展，以满足现代工业对高精度、高效率加工的需求，其优势在于更加全面、先进且适应性强，有助于提升我国数控机床行业的整体竞争力。

针对数控机床电主轴的性能参数、结构设计、安全要求等，急需立项《数控机床电主轴通用技术要求》该标准，填补标准空白点。《数控机床电主轴通用技术要求》团体标准的制定，具有以下几方面的意义：

1、提升行业技术水平

《数控机床电主轴通用技术要求》团体标准的制定，有助于统一行业内的技术规范和质量标准，推动整个数控机床行业的技术进步。通过明确电主轴的各项性能指标，可以促进企业加强技术创新，提高产品的技术含量和市场竞争能力。

2、规范市场秩序

团体标准的出台有助于规范市场秩序，减少因技术标准不统一导致的恶性竞争。明确的技术要求可以作为市场准入的门槛，确保进入市场的数控机床电主轴产品具备一定的质量水平，保护消费者权益，同时也有利于公平竞争。

3、促进产业协同发展

团体标准的制定有助于产业链上下游企业之间的协同合作。电主轴作为数控机床的核心部件，其性能直接影响机床的整体性能。通过统一的技术要求，可以促进上下游企业之间的技术对接和信息共享，提高整个产业链的协同效率。

4、强化质量监管

团体标准为质量监管部门提供了明确的监管依据。监管部门可以依据团体标准对市场上的数控机床电主轴产品进行质量抽检，确保产品符合技术要求，从而保障整个行业的健康发展。

5、满足个性化需求

团体标准在制定过程中会充分考虑不同用户的需求，使得标准更加贴近市场和用户实际。这不仅有助于企业根据标准开发出更加多样化、个性化的电主轴产品，满足不同客户的需求，也有助于推动整个行业的定制化服务和产品创新。

先进性与创新点

1、多场景专业化分类体系

首创按加工工艺精准分类的电主轴应用体系，涵盖钻削、铣削、磨削、车削及特种用途五大类型：

①钻削电主轴采用滚动 / 空气轴承设计，适配 2000-105000r/min 超宽转速范围，振动速度控制在 $\leq 1.8\text{mm/s}$ ；

②铣削 / 磨削电主轴创新应用液体静压 / 动静压轴承，动态回转精度达 0.008mm，较传统滚动轴承方案提升 50% 加工精度。

2、宽域安全运行保障技术

构建全维度安全防护网络，突破行业标准要求：

①电气安全严格遵循 GB 5226.1，壳体接地设计配合热敏保护元件（常闭 / 常开型），实现电机过热毫秒级响应；

②电压偏移范围扩展至 $-15\%\sim+10\%$ （常规 $\pm 5\%$ ），通过电源适配器动态补偿技术，保障复杂电网环境下的稳定运行。

3、高精度动态性能控制

开发“转速 - 扭矩 - 振动”协同优化系统：

①扭矩波动率 $\leq 3\%$ （行业常规 $\leq 5\%$ ），通过矢量控制算法与高精度编码器反馈，实现 150000r/min 超高速工况下的扭矩稳定输出；

②振动控制达到微米级标准，105000r/min 转速下振动速度 $\leq 1.8\text{mm/s}$ ，配套主动减振装置，降低切削颤振风险。

4、全密封高防护结构设计

创新采用多层级密封技术，防护等级优于 IP55：

①内置冷却系统通过 1.5 倍额定压力通液试验（ $\geq 2\text{h}$ ），结合迷宫式密封与 O 型圈组合结构，实现零渗漏运行；

②油雾 / 油气润滑系统采用压力平衡设计，非排气部位漏气率 $\leq 0.1\text{L/min}$ ，保障洁净加工环境。

5、极端工况适应性创新

设计宽温域、高负荷工作解决方案：

①液冷主轴表面温升 $\leq 15^\circ\text{C}$ （最高温度 $\leq 55^\circ\text{C}$ ），空气冷却方案温升 $\leq 32^\circ\text{C}$ ，通过螺旋式水道与散热筋片结构，散热效率提升 40%；

②耐腐蚀性符合 GB/T 2423.17 盐雾试验要求，关键零件表面硬度 $\geq \text{HRC}45$ ，耐磨寿命达 8000 小时以上。

6、绿色节能技术突破

构建低噪、高效、长寿命的绿色制造体系：

①油脂润滑电主轴噪声 $\leq 78\text{dB (A)}$ ，较油雾润滑方案降低 7dB，配合隔音罩设计实现车间静音生产；

②采用 S1/S6 工作制兼容设计，车削电主轴连续运转可靠性提升至 MTBF≥12000 小时，减少停机维护成本。

二、起草单位所作工作

1、起草单位

本标准由洛阳轴承研究所有限公司提出，由中国技术市场协会归口。本标准由洛阳轴承研究所有限公司、超同步股份有限公司、深圳市爱贝科精密工业股份有限公司、浙江日发精密机床有限公司、浙江卧龙精密动力系统有限公司、西安交通大学、北京精雕科技集团有限公司、四川埃姆克伺服科技有限公司、深圳市速锋科技股份有限公司、季华实验室、通用技术集团大连机床有限责任公司、北京精雕科技集团有限公司、秦川机床工具集团股份公司、安阳莱工科技有限公司、湖南金岭机床科技集团有限公司、泰安海纳轴研科技有限公司、浙江旺邦精密机床有限公司等单位共同起草。

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
洛阳轴承研究所有限公司、超同步股份有限公司、深圳市爱贝科精密工业股份有限公司	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。人员中包括了机床行业资深专业人员，汽车行业管理人员。
浙江日发精密机床有限公司、浙江卧龙精密动力系统有限公司、西安交通大学、北京精雕科技集团有限公司、四川埃姆克伺服科技有限公司、深圳市速锋科技股份有限公司、季华实验室、通用技术集团大连机床有限责任公司、北京精雕科技集团有限公司、秦川机床工具集团股份公司、安阳莱工科技有限公司、湖南金岭机床科技集团有限公司、泰安海纳轴研科技有限公司、浙江旺邦精密机床有限公司	实际生产单位、负责汇报企业生产数据、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，结合我国目前机床行业现状，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。

三、标准编制过程

4.1 调研阶段

1、技术现状调研

① 系统技术原理与类型：电主轴是将电机与主轴集成的旋转装置，通过变频调速实现高精度转速控制。按用途分为钻削、铣削、磨削、车削及特种用途电主轴。钻削电主轴采用滚动轴承或空气轴承，适用于高速钻孔；铣削和磨削电主轴可选用滚动轴承、液体静压或动静压轴承，满足不同切削精度需求；车削电主轴端部形式为 A3~A8，适配车床加工场景。

② 系统功能特点：电主轴具备高精度旋转、自动冷却润滑及安全保护功能。其额定功率允许偏差 $\pm 5\%$ ，扭矩波动率 $\leq 3\%$ ，能在 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 环境下稳定运行。钻削、铣削等类型支持 S1、S6 工作制，车削仅支持 S1 工作制。关键零件材料性能不低于 40Cr 钢，表面硬度 $\geq \text{HRC}45$ ，部分需进行防腐蚀处理。

③ 技术发展趋势：电主轴向高速化、高精度化、智能化及复合化方向发展。例如空气轴承电主轴转速可达 10 万转 / 分钟以上，动静压轴承技术提升磨削加工表面光洁度。未来将与传感器融合实现振动、温度实时监控，同时集成多种加工功能以适应柔性制造需求。

2、市场需求分析

① 市场应用情况：电主轴在机床制造领域应用广泛，钻削电主轴占 3C 产品钻孔设备市场的 60%，铣削电主轴在模具加工机床中渗透率超 70%。新能源汽车电机轴加工推动车削电主轴需求增长，2023 年国内电主轴市场规模达 120 亿元，年复合增长率 15%。

② 消费者需求：用户对电主轴精度和效率要求提升，如 3C 产品加工需动态回转精度 $\leq 0.008\text{mm}$ ，汽车零部件加工要求扭矩波动率 $\leq 2\%$ 。此外，节能环保需求推动油雾润滑电主轴占比从 30% 提升至 50%，用户更倾向选择 IP55 以上防护等级的产品。

③ 市场竞争格局：国际品牌如德国 Fischer、瑞士 Step-Tec 占据高端市场，国内科森精工、昊志机电在中低端市场竞争。昊志机电的高速电主轴转速达 12 万转 / 分钟，科森精工的磨削电主轴精度达精密级标准，但国内企业在高端轴承和控制系统方面依赖进口。

3、相关标准研究

① 现有标准梳理：电主轴相关标准涵盖安全、性能和试验方法。安全方面符合 GB 5226.1，接地保护和过热保护需达标；性能指标包括振动速度（钻削电主轴 10.5 万转 / 分钟时 $\leq 1.8\text{mm/s}$ ）、噪声（油脂润滑 $\leq 78\text{dB}$ ）等；试验方法涉及 JB/T 10801 系列标准，如精度测试按 JB/T 10801.2 执行。

② 标准差异分析：国内外标准在精度分级上存在差异，国内将铣削电主轴分为普通级和精密级，而国际标准按 ISO 230-7 细化为 5 个等级。此外，动态回转精度测试方法不同，国内采用检验棒法，国际多用激光干涉仪，导致部分出口产品需额外认证。

4、产业链调研

① 产业链上下游情况：上游包括轴承（占成本 30%）、电机（25%）和传感器（15%）供应商，日本 NSK、德国舍弗勒主导高端轴承市场，国内洛阳 LYC 在中低端市场占有率 40%。中游为电主轴制造商，科森精

工年产 10 万台，昊志机电掌握高频电机技术。下游是机床厂，沈阳机床、秦川机床年采购量占国内市场的 35%。

② 产业链协同问题：轴承与主轴匹配度不足，国产轴承寿命仅为进口的 60%，导致电主轴整体寿命缩短。传感器接口协议不统一，不同厂商的振动监测模块无法兼容，需整机厂二次开发，增加成本 15%。

5、行业问题与挑战识别

① 技术卡脖子问题：高端电主轴的液体静压轴承、高频驱动器依赖进口，如德国 Fischer 的动静压轴承技术壁垒高，国内企业研发投入不足（占营收 3%，低于国际 5%），导致高端市场 70% 份额被外企占据。

② 供应链风险：轴承进口周期长达 3 个月，疫情期间曾出现断供现象。国内传感器精度不足（振动测量误差 $\pm 5\%$ ），影响电主轴故障预警准确性，需进口美国 PCB 传感器，增加成本 20%。

4.2 立项阶段

2025年3月21日，中国技术市场协会正式批准《数控机床电主轴通用技术要求》立项。

4.3 起草阶段

4.3.1 成立标准制定工作组，根据《数控机床电主轴通用技术要求》编制需要，洛阳轴承研究所有限公司、超同步股份有限公司、深圳市爱贝科精密工业股份有限公司、浙江日发精密机床有限公司、浙江卧龙精密动力系统有限公司、西安交通大学、北京精雕科技集团有限公司、四川埃姆克伺服科技有限公司、深圳市速锋科技股份有限公司、季华实验室、通用技术集团大连机床有限责任公司、北京精雕科技集团有限公司、秦川机床工具集团股份公司、安阳莱工科技有限公司、湖南金岭机床科技集团有限公司、泰安海纳轴研科技有限公司、浙江旺邦精密机床有限公司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《数控机床电主轴通用技术要求》各部分内容，并于2025年4月10日汇总形成标准草案。

4.3.3 2025年6月17日，通过线上、线下相结合方式召开了《数控机床电主轴通用技术要求》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

2025年6月27日，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。

五、标准主要内容

根据生产企业洛阳轴承研究所有限公司、超同步股份有限公司、深圳市爱贝科精密工业股份有限公司、浙江日发精密机床有限公司、浙江卧龙精密动力系统有限公司、西安交通大学、北京精雕科技集团有限公司、四川埃姆克伺服科技有限公司、深圳市速锋科技股份有限公司、季华实验室、通用技术集团大连机床有限责任公司、北京精雕科技集团有限公司、秦川机床工具集团股份公司、安阳莱工科技有限公司、湖南金岭机床科技集团有限公司、泰安海纳轴研科技有限公司、浙江旺邦精密机床有限公司等单位的产品数据得到以下主要内容：

- 1、主要章节内容：分类、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。
- 2、主要技术内容：密封和防护、电性能、振动、噪声、精度等。

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）分析

1. 安全与运行条件试验

电气安全检测：依据 GB 5226.1 标准，确保电主轴电气系统符合安全规范，防止漏电、短路等危险，保障操作人员人身安全及设备稳定运行。

机械安全检查：检查外露部分是否有锐棱、尖角等，避免操作人员受伤；对重量大于 16kg 的电主轴，验证起吊结构的合理性，确保搬运安全。

过热保护验证：通过埋设热敏保护元件或其他过热反馈措施，测试电主轴在异常升温时的保护功能，防止电机因过热损坏。

接地系统测试：确认壳体接地及接地标志设置，保证接地电阻符合要求，降低触电风险。

运行环境适应性试验：在规定的温度、湿度、气压条件下运行电主轴，验证其在不同环境下的稳定性，确保满足实际使用场景需求。

2. 性能与功能试验

工作制验证：按 GB/T 755 规定，测试电主轴在 S1、S6 等工作制下的持续运行能力，确保其在不同负载循环下的可靠性。

材料与热处理检测：对关键零件的材料性能、硬度、耐磨及防腐蚀处理进行检验，如 40Cr 钢的性能指标，保证电主轴在长期使用中的强度和耐磨性。

结构与轴承系统试验：针对不同用途电主轴的轴承类型（滚动轴承、空气轴承等），测试其运行稳定性、承载能力及润滑效果，确保结构设计符合工况要求。

功率与扭矩测试：验证额定功率偏差不超过 $\pm 5\%$ ，扭矩波动率 $\leq 3\%$ ，保证电主轴在各转速下的动力输出满足加工需求。

3. 精度与可靠性试验

密封与防护试验：对冷却、润滑管道及液压缸、气缸进行压力测试，确保无泄漏；验证外壳防护等级 IP55 以上，防止灰尘、液体侵入，延长电主轴使用寿命。

电性能测试：检测绝缘电阻（冷态 / 热态）及匝间绝缘强度，避免电机绕组击穿，保证电气系统的可靠性。

振动与噪声试验：在额定转速下测量振动速度值，控制噪声声压级，确保电主轴运行平稳，减少对加工精度的影响及工作环境噪音污染。

精度检测：通过多项精度指标（如径向跳动、轴向窜动等）的测试，保证电主轴的加工精度，满足不同加工工艺（钻、铣、磨、车）的高精度要求。

静刚度与温升试验：测试电主轴在静态负载下的刚度，确保加工时的结构稳定性；监测温升情况，防止因过热导致的精度下降或部件损坏。

6.2 技术经济论证

1. 技术可行性

试验方法均基于成熟的国家标准（如 GB 5226.1、GB/T 755）和行业标准（如 JB/T 10801 系列），技术规范完善，操作流程明确。

所需设备（如硬度计、振动测试仪、绝缘电阻表等）在机械制造检测领域普遍应用，企业可自主配置或委托第三方检测机构，技术门槛低，实施难度小。

对于特殊用途电主轴（如高速磨削电主轴），可通过调整试验参数（如转速范围、负载条件）满足个性化测试需求，技术兼容性强。

2. 经济合理性

成本投入：前期需购置检测设备（约 10-50 万元），委托检测费用根据项目数量而定（单项检测数百至数千元），试验材料损耗及人工成本占比约 10%-15%。相比电主轴单价（数万元至数十万元），试验成本占比可控（约 3%-8%）。

收益分析：

质量提升收益：通过严格试验筛选，不合格品率降低至 5% 以下，每年减少因返工、报废导致的成本约 50-100 万元（按年产 1000 台电主轴计算）。

市场溢价收益：高精度、高可靠性的电主轴可溢价 10%-20%，若年销售额 5000 万元，预计增加收入 500-1000 万元。

售后成本节约：振动、温升等试验可提前发现潜在故障，售后维修率降低 40% 以上，每年节省维修及索赔费用约 20-50 万元。

生产效率提升：合格电主轴的平均无故障运行时间（MTBF）提升至 8000 小时以上，减少设备停机时间，提高生产线利用率，间接创造经济效益约 30-60 万元 / 年。

6.3 预期的经济效果

1. 直接经济效益

合格率提升：预计电主轴综合合格率从 85% 提升至 98% 以上，每年减少次品损失约 80-120 万元（按单台成本 8000 元计算）。

销售收入增长：产品竞争力增强后，市场份额扩大 15%-20%，年销售收入增加 1000-1500 万元（按行业平均利润率 15% 计算，新增利润 150-225 万元）。

成本节约：通过试验优化设计，材料利用率提高 5%，年材料成本降低约 30-50 万元；能耗效率提升 3%-5%，年电费节省 10-20 万元。

2. 间接经济效益

品牌价值提升：通过严格的试验验证体系，树立“高精度、高可靠”的品牌形象，吸引高端客户订单，进入航空航天、精密模具等高端市场，产品毛利率可提升至 30% 以上。

技术研发促进：试验数据为电主轴优化设计提供依据（如轴承寿命优化、冷却系统改进），推动技术迭代，降低后续研发成本约 20%-30%。

产业链协同收益：高质量电主轴可带动配套零部件（如轴承、传感器）的技术升级，与供应商形成良性协同，降低供应链成本约 10%-15%。

3. 长期战略价值

满足行业标准认证（如 ISO、CE 认证）要求，为电主轴出口欧美市场奠定基础，预计 3-5 年内出口额占比提升至 30% 以上。

通过持续的试验数据积累，建立电主轴全生命周期质量数据库，为预测性维护、智能诊断等工业 4.0 应用提供数据支撑，创造新的商业价值增长点。

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

经查，暂无相同类型的国际标准与国外标准，本标准局域创新性与先进性。

7.2 与国际标准及国外标准水平对比

经检索和调研，国内外尚无类似相关标准，实施后，将为当下行业生产提供清晰的指导。

7.3 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。

7.4 设计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

2025年6月