

ICS 21.100.20

CCS J 11



团 标 准

T/CEATEC XXX—2025

智能汽车轮毂轴承

Intelligent automotive hub bearing

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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	2
4 技术要求	2
4.1 材料要求	2
4.2 热处理要求	2
4.3 结构要求	3
4.4 尺寸与公差要求	3
4.5 基本性能要求	4
4.6 智能功能要求	4
4.7 环境适应性要求	5
5 试验方法	5
5.1 材料试验	5
5.2 热处理试验	5
5.3 结构试验	6
5.4 尺寸与公差试验	6
5.5 基本性能试验	6
5.6 智能功能试验	7
5.7 环境适应性试验	7
6 检验规则	7
6.1 检验分类	8
6.2 出厂检验	8
6.3 型式检验	8
6.4 检验报告	8
7 标志、包装、运输和贮存	8
7.1 标志	8
7.2 包装	8
7.3 运输	8
7.4 贮存	9

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

智能汽车轮毂轴承

1 范围

本文件规定了智能汽车轮毂轴承的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。本文件适用于乘用车和商用车智能化底盘系统中的轮毂轴承。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 307.1 滚动轴承 向心轴承 产品几何技术规范（GPS）和公差值
- GB/T 307.2 滚动轴承 测量和检验的原则及方法
- GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）
- GB/T 2423.27 环境试验 第2部分：试验方法 试验方法和导则：温度/低气压或温度/湿度/低气压综合试验
- GB/T 2423.34 环境试验 第2部分：试验方法 试验Z/AD:温度/湿度组合循环试验
- GB/T 3498 润滑脂宽温度范围滴点测定法
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 6378.1 计量抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的对单一质量特性和单个AQL的逐批检验的一次抽样方案
- GB/T 6930 滚动轴承 词汇
- GB/T 7325 润滑脂和润滑油蒸发损失测定法
- GB/T 7326 润滑脂铜片腐蚀试验法
- GB/T 9451 钢件薄表面总硬化层深度或有效硬化层深度的测定
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 12583 润滑剂极压性能测定法（四球法）
- GB/T 18254 高碳铬轴承钢
- GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验
- GB/T 24343 工业机械电气设备 绝缘电阻试验规范
- GB/T 24607 滚动轴承 寿命可靠性试验及评定方法
- GB/T 28268 滚动轴承 冲压保持架技术条件
- GB/T 28487 贵金属及其合金链 抗拉强度的测定 拉伸试验法
- GB/T 32333 滚动轴承 振动（加速度）测量方法及技术条件
- GB/T 33624 滚动轴承 清洁度测量及评定方法
- GB/T 34631 再制造 机械零件剩余寿命评估指南
- GB/Z 36517 滚动轴承 一般载荷条件下轴承修正参考额定寿命计算方法
- GB/T 38223 奥氏体不锈钢铸件中铁素体含量测定方法
- GB/T 39271.1 滚动轴承 陶瓷滚动体混合轴承的额定载荷 第1部分：额定动载荷
- GB/T 39271.2 滚动轴承 陶瓷滚动体混合轴承的额定载荷 第2部分：额定静载荷
- GB/T 41739 金属基复合材料尺寸稳定性检测方法 冷热循环法

GB/T 41951 金属和合金的腐蚀 建筑用钢连接部件及钢构件耐腐蚀性能测试方法

GB/T 42012 信息安全技术 即时通信服务数据安全要求

GB/T 43617.3 滚动轴承 滚动轴承润滑脂噪声测试 第3部分：测试和评估方法MQ

GB/T 45336 塑料 熔融状态下热塑性塑料拉伸性能的测定

JB/T 7048 滚动轴承 工程塑料保持架 技术条件

JB/T 7051 滚动轴承零件 表面粗糙度测量和评定方法

SH/T 0189 润滑油抗磨损性能的测定 四球法

3 术语和定义

GB/T 6930界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能汽车轮毂轴承 intelligent automotive hub bearing

在传统轮毂轴承的基础上，集成传感器、数据采集、通信接口及智能诊断功能的轴承总成，用于实现运行状态监测、剩余寿命预测和故障预警。

3.2

传感器集成轴承 sensor-integrated bearing

在轴承内部或外部集成转速、温度、振动、载荷等传感器的轴承。

4 技术要求

4.1 材料要求

4.1.1 套圈和滚动体材料

轴承套圈和滚动体应采用高碳铬轴承钢或性能等效的合金钢，化学成分应符合GB/T 18254的要求。碳含量控制在0.95%~1.05%，铬含量控制在1.30%~1.65%，磷和硫含量均应≤0.025%。

4.1.2 保持架材料

保持架应采用符合JB/T 7048要求的高强度工程塑料、符合GB/T 28268要求的耐腐蚀金属材料或其他性能更优的材料制造。

4.1.3 密封件材料

密封件材料应选用耐高温、耐磨和耐腐蚀的合成橡胶(NBR)或氟橡胶(FKM)，硬度范围为60~80 Shore A，应能在-40℃~160℃温度范围内长期工作而不硬化、开裂或失去弹性。

4.1.4 润滑材料

滴点≥180℃，氧化压力增幅≤2MPa，氧化时间≥150小时，水洗失重≤5%，四球法磨损点≤1.0mm，极压负荷≥2500N。

4.1.5 材料质量控制与检测

材料质量控制与检测要求如下：

- 所有零部件在选材和热处理后应进行无损检测，不应存在裂纹、白点、过烧等缺陷；
- 关键零部件在装配前应进行颗粒检测，内部残留颗粒质量≤0.2mg，最大颗粒直径≤150 μm。

4.2 热处理要求

4.2.1 热处理工艺

热处理工艺要求如下：

- 预热：500~650℃，预热12h；
- 淬火：820~860℃奥氏体化，油淬或气淬；
- 回火：160~180℃，持续24h。

4.2.2 热处理质量控制

表面硬度60~64HRC，硬化层深度 $\geq 1.0\text{mm}$ ，残余奥氏体含量 $\leq 8\%$ 。

4.2.3 特殊要求

智能轮毂轴承特殊要求如下：

- a) 热处理后零件应保持尺寸稳定性，最大变形应 $\leq 0.02\text{mm}$ ；
- b) 热处理工艺应避免高温引起材料磁性变化，从而影响霍尔传感器或磁编码器的读数；
- c) 对智能模块所在部位，可采用局部控制热处理或感应淬火，兼顾传感器性能和机械强度。

4.3 结构要求

4.3.1 总体结构

总体结构应符合以下要求：

- a) 采用一体化或半一体化设计；
- b) 外圈法兰厚度 $\geq 12\text{mm}$ ；
- c) 内圈与轮轴过盈配合量 $0.015\sim 0.025\text{mm}$ ；
- d) 外圈应设置安装法兰或槽，与悬架及制动系统接口匹配；
- e) 轴承寿命 $\geq 200000\text{km}$ 。

4.3.2 滚道结构

滚道结构要求如下：

- a) 滚道类型：深沟球、角接触球或圆柱滚子；
- b) 滚道曲率半径均匀，接触应力 $\leq 1300\text{MPa}$ （额定载荷下）；
- c) 滚道表面粗糙度 $R_a \leq 0.2 \mu\text{m}$ ；
- d) 滚道与滚动体间隙偏差 $\leq \pm 0.02\text{mm}$ 。

4.3.3 保持架结构

保持架结构要求如下：

- a) 保持架间距误差 $\leq \pm 0.02\text{mm}$ ；
- b) 保持架与滚动体之间的间隙应为 $0.05\sim 0.15\text{mm}$ ；
- c) 保持架应预留智能模块安装空间，防止摩擦或振动损伤传感器。

4.3.4 密封结构

密封结构要求如下：

- a) 密封面应采用多道迷宫式接触密封或非接触式组合密封结构，防止灰尘、水分及杂质进入轴承内部；
- b) 密封面与轴承配合间隙应 $\leq 0.05\text{mm}$ ；
- c) 智能模块部位可采用复合密封，密封应可靠且不干扰传感器信号。

4.3.5 智能模块集成

智能模块集成要求如下：

- a) 安装在轴承内圈或外圈凹槽，宽度 812mm ，深度 58mm ；
- b) 固定方式：卡扣或压装，振动 20g 、频率 $10\sim 2000\text{Hz}$ 下不松动；
- c) 模块与金属零件之间绝缘，避免短路与信号干扰；
- d) 外部通信接口布线预留专用密封通道。

4.3.6 安全与冗余设计

安全与冗余设计要求如下：

- a) 关键承载件与智能模块应采用双路承载或双传感器配置；
- b) 结构应便于快速拆卸和维护。

4.3.7 结构验证要求

设计完成后应进行以下结构验证：

- a) 最大接触应力 $\leq 1300\text{MPa}$ ，最大变形 $\leq 0.02\text{mm}$ ；
- b) 样件应能通过振动、冲击及温度循环试验。

4.4 尺寸与公差要求

尺寸与公差要求见表1。

表1 尺寸与公差要求

项目	要求
尺寸公差等级	P6 (特殊场合可用P5) (GB/T 307.1)
内孔尺寸公差	$\leq \pm 0.004\text{mm}$
外径尺寸公差	$\leq \pm 0.006\text{mm}$
内孔圆度	$\leq 0.003\text{mm}$
外圆圆度	$\leq 0.004\text{mm}$
端面跳动	$\leq 0.004\text{mm}$
内圈与半轴配合过盈量	$0.02\text{mm} \sim 0.04\text{mm}$
外圈与轮毂配合过盈量	$0.01\text{mm} \sim 0.03\text{mm}$
表面粗糙度	$R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$
径向游隙	$0.02\text{mm} \sim 0.05\text{mm}$
轴向游隙	$\leq 0.08\text{mm}$

4.5 基本性能要求

4.5.1 密封性能要求

经24h浸水试验后，不应出现润滑脂渗漏或水分进入轴承内部。

4.5.2 动静载荷能力要求

轴承的基本额定动载荷 $\geq 260\text{kN}$ ，基本额定静载荷 $\geq 210\text{kN}$ 。

4.5.3 额定寿命要求

轴承额定寿命 $L_{10h} \geq 1600000\text{km}$ ，实测寿命 \geq 设计值的95%。

4.5.4 温升与热稳定性要求

在额定转速 1500r/min 条件下，轴承温升应 $\leq 35^\circ\text{C}$ 。轴承最高稳定工作温度 $\leq 160^\circ\text{C}$ ，在高温条件下运行72h后，仍应保持正常功能。

4.5.5 耐腐蚀性要求

轴承外表面应进行防腐处理，经360h中性盐雾试验后，轴承表面应不出现锈蚀、剥落或密封失效。

4.5.6 润滑与免维护寿命要求

轴承填充润滑脂的体积分数应为内部有效空间的25%~35%，在全寿命周期内不应补充润滑脂或调整间隙。免维护寿命应 $\geq 500000\text{km}$ 或10年，以先达到的要求为准。

4.6 智能功能要求

4.6.1 数据采集与传感器精度要求

数据采集与传感器精度要求如下：

- a) 轴承应集成以下传感器：温度、振动、转速和载荷传感器；
- b) 温度传感器测量精度应 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ ，测量范围 $-40^\circ\text{C} \sim +160^\circ\text{C}$ ；
- c) 振动传感器测量频率范围 $10\text{Hz} \sim 2000\text{Hz}$ ，灵敏度误差 $\leq \pm 5\%$ ，分辨率 $\leq 0.01\text{mm/s}$ ；
- d) 转速传感器测量范围 $0 \sim 6000\text{r/min}$ ，精度 $\leq \pm 1\%$ ；
- e) 载荷传感器测量范围覆盖轴承额定载荷 $\pm 20\%$ ，精度 $\leq \pm 2\%$ ；
- f) 传感器数据采集周期应 $\leq 100\text{ms}$ ，实时监测。

4.6.2 通信接口要求

通信接口要求如下：

- a) 智能轴承应支持至少一种标准汽车通信总线接口，包括CAN、LIN或汽车以太网（100Mbps）；
- b) 数据传输延迟 $\leq 50\text{ms}$ ，数据丢包率 $\leq 0.1\%$ ；
- c) 接口应支持外部控制器读取历史数据、实时数据和故障诊断信息。

4.6.3 故障诊断与预警要求

故障诊断与预警功能应符合以下要求：

- a) 轴承应能实时监测温度、振动、转速及载荷异常情况；

- b) 系统应具备阈值报警功能：温度超过150°C、径向振动速度超过2.0mm/s、径向载荷超过额定值110%时触发警报；
- c) 支持剩余寿命预测功能，误差≤±10%；
- d) 故障记录应至少保存最近500条事件，支持外部读取与分析。

4.6.4 信息安全与数据保护要求

信息安全与数据保护要求如下：

- a) 数据传输应采用加密算法（AES-256或等效标准）；
- b) 轴承智能模块应具备访问控制机制，防止未授权操作；
- c) 数据存储应具备防篡改功能；
- d) 通信接口在异常情况下应支持断路保护，避免对车辆其他控制系统产生干扰。

4.7 环境适应性要求

4.7.1 温度适应性要求

轴承应在-40°C~+160°C范围内正常运行。

4.7.2 湿度适应性要求

在相对湿度95%、温度40°C条件下连续运行96h后，应保持性能稳定。

4.7.3 噪声和振动要求

在额定转速下，轴承的振动速度有效值应≤2.0mm/s，噪声声压级应≤75dB(A)。

4.7.4 防尘、防水及低压适应性要求

轴承密封及外壳防护等级应不低于GB/T 4208中IP67的要求，在高原低压（气压≤57kPa）条件下应能正常工作。

5 试验方法

5.1 材料试验

5.1.1 套圈和滚动体材料试验

采用光谱分析或化学分析方法，测定碳、铬、磷、硫含量是否符合GB/T 18254规定范围。

5.1.2 保持架材料试验

保持架材料试验按照以下方法进行：

- a) 塑料保持架抗拉强度：按照GB/T 45336的要求进行；
- b) 金属保持架的耐腐蚀性：按照GB/T 41951的要求进行；
- c) 金属保持架的抗拉强度：按照GB/T 28487的要求进行。

5.1.3 密封件材料试验

按照GB/T 2411的要求进行。

5.1.4 润滑材料试验

润滑材料试验应按照以下方法进行：

- a) 滴点：按照GB/T 3498的要求进行；
- b) 抗氧化性能：按照GB/T 7326的要求进行；
- c) 抗水淋性能：按照GB/T 7325的要求进行；
- d) 抗磨损性能：按照SH/T 0189的要求进行；
- e) 极压性能：按照GB/T 12583的要求进行。

5.1.5 材料质量控制与检测试验

应按照以下方法进行：

- a) 无损检测：超声波或磁粉检测套圈和滚动体表面及近表面缺陷；
- b) 颗粒物检测：按照GB/T 33624的要求进行。

5.2 热处理试验

热处理质量检测试验应按照以下方法进行：

- a) 硬度：按照GB/T 230.1的要求进行；

- b) 硬化层深度：按照GB/T 9451的要求进行；
- c) 残余奥氏体含量：按照GB/T 38223的要求进行；
- d) 尺寸稳定性：按照GB/T 41739的要求进行。

5.3 结构试验

5.3.1 总体结构试验

总体结构试验应按照以下方法进行：

- a) 使用三坐标测量机测量轴承外圈法兰厚度；
- b) 使用过盈量测量工具测量配合过盈量；
- c) 轴承寿命按照GB/T 24607的要求进行测定；
- d) 将轴承安装到实际轮毂及悬架组件上，进行装配验证。

5.3.2 滚道结构试验

滚道结构试验应按照以下方法进行：

- a) 使用三坐标测量机滚道曲率半径和滚道与滚动体的间隙；
- b) 在额定载荷下，通过有限元分析或接触应力测试仪测定滚道最大接触应力；
- c) 粗糙度按照JB/T 7051的要求进行测量。

5.3.3 保持架结构试验

保持架结构试验应按照以下方法进行：

- a) 使用三坐标测量机测量各保持架之间的间距和滚动体与保持架之间的径向和轴向间隙；
- b) 将预留的智能模块插入保持架预留空间，检查是否存在摩擦或干涉。

5.3.4 密封结构试验

使用塞规或精密千分尺测量密封件与轴承的配合间隙，将智能模块安装在预留位置，检查复合密封是否妨碍传感器信号。

5.3.5 智能模块集成试验

智能模块集成试验应按照以下方法进行：

- a) 使用卡尺或三坐标测量机测量轴承内圈或外圈凹槽的宽度和深度；
- b) 绝缘电阻：按照GB/T 24343的要求进行测定。

5.3.6 安全与冗余设计试验

安全与冗余设计试验应按照以下步骤进行：

- a) 安装轴承样件于专用试验台；
- b) 双路承载验证：分别对双路承载路径施加设计额定载荷，同时记录载荷分布和位移；单一路径卸载，观察轴承及智能模块能否维持正常功能；
- c) 双传感器功能验证：模拟其中一传感器故障（断电或数据丢失），确认另一传感器可持续监测，并触发冗余报警系统。

5.3.7 结构验证试验

结构验证试验应按照以下方法进行：

- a) 使用接触应力测试仪测量样件在额定载荷下的最大接触应力；
- b) 振动和冲击试验：按照GB/T 21563的要求进行；
- d) 温度循环试验：按照GB/T 2423.34的要求进行。

5.4 尺寸与公差试验

尺寸公差按照GB/T 307.2的要求测量，表面粗糙度按照JB/T 7051的要求测量。

5.5 基本性能试验

5.5.1 密封性能试验

按照GB/T 4208中IP67防护等级的要求进行。

5.5.2 动静载荷能力试验

按照GB/T 39271.1的要求测量额定动载荷，按照GB/T 39271.2的要求测量额定静载荷。

5.5.3 额定寿命试验

按照GB/Z 36517的要求进行。

5.5.4 温升与热稳定性试验

应按照以下步骤进行：

- a) 将轴承安装在试验台，按额定转速1500r/min运转；
- b) 测量轴承温升及外表温度变化；
- c) 高温稳定性验证：轴承在150°C环境下连续运转72h。

5.5.5 耐腐蚀性试验

按照GB/T 10125的要求进行中性盐雾试验360h，检查表面有无锈蚀、剥落及密封失效。

5.5.6 润滑与免维护寿命试验

应按照以下步骤进行：

- a) 轴承按设计润滑脂填充量装配；
- b) 在额定载荷和转速条件下连续运转，直至达到设计寿命。

5.6 智能功能试验

5.6.1 数据采集与传感器精度试验

数据采集与传感器精度试验应按照以下方法进行：

- a) 温度传感器精度试验：将轴承置于温控环境箱，记录传感器温度测量值，与标准温度进行对比；
- b) 振动传感器精度试验：安装轴承在振动台，施加10~2000Hz正弦和随机振动，记录振动传感器输出；
- c) 转速传感器精度试验：在转速可调电机台架上安装轴承，逐步从0~6000r/min运行，使用校准光电计或转速表进行比对；
- d) 载荷传感器精度试验：在试验台施加额定载荷±20%的载荷，记录传感器输出，与标准力传感器对比；
- e) 数据采集周期试验：使用示波器或高速数据采集系统记录数据采集周期。

5.6.2 通信接口试验

通信接口试验应按照以下方法进行：

- a) 接口兼容性试验：将轴承与标准汽车控制器通过CAN、LIN或汽车以太网连接，验证数据传输是否正常、无丢包；
- b) 数据读取试验：使用外部控制器读取历史数据、实时数据及故障诊断信息，检查数据完整性与正确性。

5.6.3 故障诊断与预警试验

故障诊断与预警试验应按照以下方法进行：

- a) 阈值报警试验：模拟温度、振动、载荷超过报警阈值，记录系统是否及时发出警报；
- b) 剩余寿命预测试验：按照GB/T 34631的要求进行；
- c) 故障记录验证：模拟连续发生500条事件，读取故障记录。

5.6.4 信息安全与数据保护试验

按照GB/T 42012的要求进行。

5.7 环境适应性试验

5.7.1 温度适应性试验

按照GB/T 2423.27的要求进行。

5.7.2 湿度适应性试验

按照GB/T 2423.27的要求进行。

5.7.3 噪声和振动试验

噪声试验按照GB/T 43617.3的要求进行；振动试验按照GB/T 32333的要求进行。

5.7.4 防尘、防水及低压适应性试验

防尘、防水试验按照GB/T 4208中IP67的要求进行；将轴承置于压力≤57kPa的低压环境下运行2h进行低压适应性试验。

6 检验规则

6.1 检验分类

本文件要求的检验分为出厂检验和型式检验两类。

6.2 出厂检验

6.2.1 每台设备出厂前均应进行出厂检验，检验项目为设备外观。

6.2.2 出厂检验应逐台进行，所有检验项目均符合本文件要求时，判定为合格，若有不合格项目，允许返修后重新检验，重新检验仍不合格的，判定为不合格，不得出厂。

6.3 型式检验

6.3.1 检验时机

有下列情形之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定；
- b) 设计、工艺或主要原材料有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产满一年时；
- d) 间隔一年以上再生产时；
- e) 出厂检验结果与同产品型号或批次的型式检验有较大差异时。

6.3.2 检验项目及要求

型式检验应在国家认证监督管理委员会认可的检测机构或者具备相关认证资质的实验室完成，检验的项目应包括所有指标。

6.3.3 抽样规则

抽样规则应符合GB/T 6378.1的要求。

6.3.4 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的技术要求时，判定为合格。任一项不符合规定时，判定为不合格。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理，返工产品应重新进行检验。

6.4 检验报告

所有检验记录和报告应妥善存档，每次检验结束后应出具完整的检验报告，并包括下列内容：

- a) 基本信息：产品名称、产品批次编号、检验日期、检验机构和参与人员等；
- b) 检验目的与检验依据；
- c) 检验环境与检验设备清单等；
- d) 检验方法与检验过程；
- e) 检验数据：详细列出各项目的检测数据；
- f) 检验结论：评估该批次产品是否合格。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

标志应满足下列要求：

- a) 应有清晰、牢固、耐久的标志，内容包括：产品名称和型号、生产单位、出厂编号、生产日期、电气参数、安全和防爆标志等；
- b) 所有标志应清晰、耐磨，符合GB/T 191的相关规定。

7.2 包装

包装应满足下列要求：

- a) 包装应采用防潮、防震、防尘材料，确保设备在运输和存储过程中不受损；
- b) 包装内部应有缓冲材料；
- c) 包装箱外应标明产品的名称、型号、毛重、净重及运输标志；
- d) 每件产品随包装附带说明书、合格证及出厂检验报告。

7.3 运输

运输应满足下列要求：

- a) 运输过程中应避免剧烈振动、跌落及强烈温度变化；
- b) 在运输过程中不得与有毒、有腐蚀性或易燃物品混装；
- c) 产品运输过程中应避免暴露在高湿或雨淋环境下。

7.4 贮存

贮存应满足下列要求：

- a) 设备应存放于0℃~50℃的环境温度内，相对湿度≤85%的干燥环境中；
 - b) 贮存环境应通风良好，避免阳光直射及高湿度环境；
 - c) 长期贮存时，应每6个月对设备进行一次检查和维护。
-