

团 体 标 准

大盾构再制造技术规范 主轴承

Technical specification for remanufacturing of large
diameter shield machine—Main bearing

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 要求	3
4.1 通则	3
4.2 再制造流程	3
5 再制造方案设计	3
5.1 性能检测及再制造性能评估	3
5.2 再制造方案制定	3
6 再制造过程	4
6.1 拆解	4
6.2 清洗	4
6.3 零件检测与评估	4
6.4 再制造加工	4
6.5 再制造装配	6
7 验收	7
8 标志与贮存	7
附录 A 主轴承再制造流程	9
附录 B 圆柱滚子精度	10
参考文献	12

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。

本文件牵头单位：中铁十四局集团装备有限公司。

本文件参与单位：中铁十四局集团装备有限公司，中铁十四局集团大盾构工程有限公司，中南大学，山东大学，人本轴承。

本文件主要起草人：李东升，杨伦磊，陈健，唐亚军，毛明立，安长书，李向卿，杨勇，郑帅超，夏毅敏，王志超，季未华，张瀛涵，廖国域，李艳，赵海鸣，刘德福，李小康，闫乾林，孔令政，卢文林，高微，陈春成，李佳颖，吴浩宇。

大盾构再制造技术规范 主轴承

1 范围

本标准规定了大盾构主轴承再制造的基本要求、再制造方案设计、再制造过程、验收、标志与贮存。

本标准适用于经检测评估后适合再制造的大盾构机主轴承再制造过程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。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；未注明日期的文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。相关引用文件的版本本标准将给予必要说明。

- GB/T 711—2017 优质碳素结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 1176 铸造铜及铜合金
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 4661 滚动轴承 圆柱滚子
- GB/T 4662 滚动轴承 额定静载荷
- GB/T 7811 滚动轴承 参数符号
- GB/T 8597 滚动轴承 防锈包装
- GB/T 13819 铜及铜合金铸件
- GB/T 17394.1 金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 17394.4 金属材料 里氏硬度试验 第4部分：硬度值换算表
- GB/T 24606 滚动轴承 无损检测 磁粉检测
- GB/T 28619-2012 再制造 术语
- GB/T 29795-2013 激光修复技术 术语和定义
- GB/T 34891 滚动轴承 高碳铬轴承钢零件 热处理技术条件
- 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 37432-2019 全断面隧道掘进机再制造
- GB/T 3098.1-2021 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 37672-2019 再制造 等离子熔覆技术规范
- GB/T 34650-2017 全断面隧道掘进机 术语和商业规格
- GJB 6484 军用高碳铬轴承钢规范
- GB 8978-1996 污水综合排放标准
- JB/T 5000.8 重型机械通用技术条件 第8部分：锻件
- JB/T 5000.15 重型机械通用技术条件 第15部分：锻钢件无损探伤
- JB/T 10471 滚动轴承 转盘轴承
- JB/T 5000.10-2007 重型机械通用技术条件 第10部分：装配
- JB/T 8725-2013 机械密封用迷宫密封环
- JJG707-2014 扭矩扳子检定规程
- TB/T 3010 铁道车辆滚动轴承高碳铬轴承钢订货技术条件
- ISO 5753-1991 滚动轴承 径向游隙
- ISO 281:2007 滚动轴承 额定动载荷和额定寿命

3 术语和定义

GB/T28619-2012 界定的术语以及下列定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出 GB/T28619-2012 中的一些术语和定义。

3.1

大盾构 large diameter shield

大盾构是指刀盘开挖直径大于 8m 的盾构机。

[GB/T 34650-2017, 3.1.2]

3.2

再制造 remanufacturing

对再制造毛坯进行专业化修复或升级改造，使其质量特性不低于原型新品水平的过程。

注 1：质量特性包括产品功能、技术性能、绿色性、经济性等。

注 2：再制造过程一般包括再制造毛坯的回收、检测、拆解、清洗、分类、评估、修复加工、再装配、检测、标志及包装等。

[GB/T 28619-2012, 2.2]

3.3

主轴承 main bearing

主驱动单元中用于支撑刀盘旋转并传递掘进推力的轴承。

[GB/T 34354-2017, 2.38]

3.4

激光熔覆 Laser Cladding

利用高能量密度激光束快速加热熔化熔覆材料，在基材表面形成熔池，冷却凝固后在基材表面形成冶金结合层的一种激光加工技术。

[GB/T 37672-2019, 3.1]

3.5

换件修理法 exchange repairing method

在满足再制造要求的前提下，将损伤零件更换为新件的修理方法。

[GB/T 28619-2012, 2.16]

3.6

拆解 disassembly

将废 / 旧主轴承进行拆卸、解体的活动。

[GB/T 28619-2012, 2.17]

3.7

更新件 replacement parts

根据再制造产品装配要求而选用的新零件。

[GB/T 28619-2012, 2.22]

3.8

再制造标志 remanufacturing labeling

用于辨识再制造产品的标志及说明。

[GB/T 28619-2012, 2.30]

4 要求

4.1 通则

- 4.1.1 主轴承再制造应符合国家有关资源利用、环境保护法律法规及相关国家标准的规定。
- 4.1.2 再制造后主轴承的质量特性和安全性能应不低于原型新品。
- 4.1.3 再制造主轴承应进行再制造设计，包括完整的再制造方案及再制造作业规程。
- 4.1.4 拆解及清洗后的主轴承零部件应进行再制造性评估并分类。

4.2 再制造流程

- 4.2.1 主轴承再制造包括从废 / 旧主轴承到完成再制造后检测验收的全部技术过程。
- 4.2.2 主轴承再制造流程包括性能检测及再制造性评估、再制造方案设计、拆解、清洗、零件检测与评估、再制造加工、再制造装配、验收、标志与贮存等。
- 4.2.3 主轴承再制造的拆解过程以及各项检测数据应形成记录文件。
- 4.2.4 再制造主轴承的验收应进行旋转精度测量和寿命评估。
- 4.2.5 主轴承再制造应编制检验计划，检验计划包括但不限于检验节点设置、检验标准、检验表格、检验结论。
- 4.2.6 主轴承再制造应对每个工序质量控制点进行识别，控制点质量控制包括但不限于应分级设置、应具有支撑性技术文件、应设置合理的检验方式、应有输出性文件。
- 4.2.7 主轴承再制造应由专业厂家进行。
- 4.2.8 主轴承再制造应有可追溯性。

5 再制造方案设计

5.1 性能检测及再制造性能评估

- 5.1.1 应对废 / 旧主轴承的性能、损伤情况进行检测。
- 5.1.2 应结合废 / 旧主轴承掘进里程，对其剩余寿命进行评估。
- 5.1.3 应根据废 / 旧主轴承检测结果，针对环境、技术、经济等因素综合分析后，判断出废/旧主轴承是否具备再制造的价值，做出再制造后能否达到或者超过新部件性能和质量能力的评估。

5.2 再制造方案制定

- 5.2.1 再制造方案应充分考虑新材料、新工艺、新技术的应用。
- 5.2.2 前期评估与数据采集。主要包括运行数据分析：收集主轴承历史运行数据（掘进里程、载荷谱、故障记录）；拆解检测：非破坏性拆解后，检测关键部件健康状况（滚道磨损量、裂纹深度、游隙变化），评估损伤等级；修复优先级判定：根据检测结果，明确强制更换件（如密封件、断裂滚子等）、可再制造件（如套圈、齿面等）和可利旧件（如大齿圈、承力环等）。
- 5.2.3 技术可行性验证。工艺试验：对堆焊、熔覆等修复工艺进行试样测试，确保满足性能指标；模拟计算：通过有限元分析验证修复后主轴承的力学性能。
- 5.2.4 技术方案内容框架搭建。技术要求：绘制新主轴承加工制造图，明确性能指标、材料标准、尺寸公差；工艺流程设计：制定拆解清洗、修复（磨削、堆焊、熔覆）、装配调试的详细步骤及参

数；质量与成本控制：设置过程检验点、检验方法、检验合格标准，编制分项预算。

5.2.5 专家评审与方案修订。专家论证：由高级工程师、材料学及盾构应用专家评审技术路线合理性、环保性、经济性；修订优化：根据评审意见修订方案，重点调整工艺参数、成本分配或材料替代方案。

6 再制造过程

6.1 拆解

废/旧主轴承拆解前应编制拆解作业指导书，零部件的拆解应符合 GB/T 32810 的规定，作业指导书宜包含以下内容：排空主轴承内的润滑油；有一致性对应关系的零部件应标记安装位置标识；将各零部件按照部件类别不同进行标记、摆放。其中，重点是要做到无损拆解，严禁使用火焰切割、电弧加热、机械冲击等破坏性方法，对齿圈包裹橡胶保护套；拆解顺序分为，①外围组件分离：拆除轴承端盖采用对称均布松动法，并且对密封件喷润滑剂避免撕裂；②主体分离：安装分体式液压拉拔器，设置多油缸同步加载，实时监测拉拔力不超过材料屈服强度 70%，采用专用工装固定保持架，按周向顺序取出滚子，记录滚子排列顺序及初始游隙值。拆解过程涉及吊装时，禁止使用钢丝绳，应优先采用电磁吸盘吊装，并且吊装过程中要控制摆动幅度；完成吊装作业的过程中，要遵守安全规范：①作业半径 5m 内设置硬质隔离栏，操作人员穿戴安全帽，防砸鞋；②拆解过程中禁止交叉作业，液压站与操控台间距 $\geq 10\text{m}$ 。

6.2 清洗

清洗前应根据不同的工艺阶段要求，编制相应的清洗作业指导书，零部件的清洗应符合 GB/T 32809 的规定，作业指导书宜包含以下内容：

- (1) 拆解前宜采用浸液清洗、手工清洗、压力清洗、蒸汽清洗或复合清洗；
- (2) 拆解后宜采用超声波清洗、蒸汽清洗、电解清洗、手工清洗或复合清洗等；
- (3) 装配前宜采用超声波清洗、蒸汽清洗或复合清洗；
- (4) 清洗作业应不影响零部件标识、标记的可辨识性。

6.3 零件检测与评估

6.3.1 应对主轴承零件的重要几何参数进行测量，包括但不限于滚道直径、滚子直径、保持架窗孔尺寸以及套圈变形量。

6.3.2 主轴承的套圈、保持架焊缝应采用无损检测方法进行内部缺陷检测，检测要求应符合 JB/T 5000.15 的规定。

6.3.3 主轴承的滚道表面、轮齿表面，齿根部位和滚子表面应进行无损检测，检测宜采用磁粉或渗透探伤方法，磁粉检测应符合 GB/T 24606 的规定，渗透检测应符合 JB/T 5000.15 的规定。

6.3.4 主轴承套圈的滚道表面、挡边表面、轮齿表面、齿根表面等硬化表面应进行硬度检测，检测方法应符合 GB/T 17394.1 的规定，硬度值换算按 GB/T 17394.4 的规定进行。

6.3.5 主轴承套圈的滚道表面、挡边表面、轮齿表面、齿根表面等硬化表面宜采用无损技术进行硬化层深度的检测。

6.3.6 应根据主轴承零件的检测 results，结合再制造技术可行性和经济性对其再制造性进行评估。

6.4 再制造加工

6.4.1 再制造加工前，应根据主轴承的损伤情况，选择合适的再制造修复方法。

6.4.2 再制造加工前，应按 GB/T33947 的规定编制再制造加工作业指导书，作业指导书至少应包含加工工艺、质量控制、安全措施等内容。

6.4.3 零部件再制造加工过程应形成完整的记录文件。

6.4.4 零部件再制造加工后的检测应按 GB/T 33947 的规定，经检验不合格且确认无法再制造加工的零部件，应进行报废处理。

6.4.5 主轴承零件的再制造加工应符合 GB/T 37432-2019 的相关规定。

6.4.6 主轴承套圈工作表面出现深度小于或等于 2 mm 的锈蚀凹坑、塑性压痕和局部磨损缺陷，宜采用磨削加工的方法进行修复，但应考虑游隙及装配尺寸要求。并且要遵守以下规范：

a. 修复工艺规范

(1) 磨削加工要求

- 1) 采用数控精密成形磨床；
- 2) 砂轮特性：WA60K-V 型氧化铝砂轮；
- 3) 磨削余量控制：

单次磨削量 $\leq 0.05\text{mm}$

总磨削量补偿系数 $K=1.2\times(\text{缺陷深度}+0.1\text{mm})$

(2) 尺寸补偿机制

- 1) 游隙调整应满足： $\Delta G \leq 0.8 \times \text{原始设计游隙值}$ ；
- 2) 装配尺寸补偿：
 - 外径修磨量对应内径补偿量按 $\Delta d = \Delta D \times \tan \alpha$ 计算（ α 为接触角）；
 - 最大累积修磨量 $\leq$ 套圈壁厚的 5%。

(3) 质量检测标准

- 1) 表面粗糙度： $Ra \leq 0.4\mu\text{m}$ ；
- 2) 圆度公差： $\leq \text{IT5}$ 级；
- 3) 残余应力：压应力层深度 $\geq 0.15\text{mm}$ 。

b. 工艺限制条件

下列情况禁止采用磨削修复：

- (1) 缺陷位于滚道边缘 3mm 范围内；
- (2) 套圈已进行过 2 次及以上修复加工；
- (3) 磨削后表面硬度下降超过 1.5HRC；
- (4) 存在与缺陷区域重叠的原始热处理标记。

6.4.7 主轴承套圈工作表面的局部严重缺陷（深度大于 2 mm），可采用激光熔覆、等离子堆焊等方式进行修复；修复后按照 GB/T 17394.1 的规定进行堆焊区域表面硬度检测并按照 JB/T 5000.15 的规定进行堆焊区域的内部缺陷检验。

6.4.8 主轴承套圈的滚道宜通过磨削加工进行精度修复，修复后滚道的几何精度应达到 IT6 级。

6.4.9 主轴承套圈的滚道修复后，若径向游隙或装配尺寸不能满足再制造技术要求，可通过采用直径增大的滚子更新件来保证。

6.4.10 套圈换件修理法应符合下列要求：

- (1) 更新件套圈的材料采用符合 GB/T 3077 规定的电渣重熔合金结构钢 42CrMo 制造；
- (2) 套圈应预成形锻造，锻造符合 JB/T 5000.8 的规定；
- (3) 锻件质量等级不低于 JB/T 5000.15 规定的标准 II 级要求。

6.4.11 滚子换件修理法应符合下列要求：

- (1) 更新件滚子材料符合 GJB 6484 规定，宜采用电渣重熔高碳铬轴承钢 GCr15SiMnZ 或符合 TB/T 3010 规定，宜采用电渣重熔高碳铬轴承钢 GCr18Mo 制造；
- (2) 滚子毛坯经锻造制备，滚子的热处理技术指标符合 GB/T 34891 的规定；
- (3) 滚子精度指标按照 GB/T 4661 并符合附录 B 的规定；附录 B 中参数符号的定义符合 GB/T

7811 的规定。

6.4.12 保持架换件修理法应符合下列要求：

- (1) 更新件钢质保持架应采用符合 GB/T 711-2017 规定的 30 号钢板制造；
- (2) 更新件铜质保持架应采用符合 GB/T 1176 规定的 ZCuZn40Pb2 制造，铜铸件应符合 GB/T 13819 的规定。

6.5 再制造装配

6.5.1 装配前准备。

a. 清洁与检查

(1) 所有待装配部件（套圈、滚子、保持架等）需按规定的方法完成清洗，表面无油污、锈蚀及残留磨料；

(2) 使用量具（游标卡尺、数显千分尺、三坐标仪）验证修复件尺寸公差是否符合标准要求（如套圈滚道直径偏差 $\leq \pm 0.02\text{mm}$ ）。

b. 工具与设备校准

- (1) 装配专用工装需校验精度；
- (2) 力矩扳手按 JJG 707 标准检定，扭矩范围覆盖 100~2000N·m。

6.5.2 分步装配流程。

a. 套圈与滚子组件装配

- (1) 滚子分组：按直径公差分组，同组滚子装入同一套圈；
- (2) 滚子预压：采用液压工装分阶段加压，确保滚子与滚道均匀接触；
- (3) 游隙调整：通过调整滚子数量和位置，控制径向游隙在 0.10~0.15mm 范围内。

b. 保持架安装

- (1) 将保持架与滚子交替安装入滚道，使用定位销固定；
- (2) 检查保持架与滚子间隙，防止运行时干涉。

c. 密封系统组装

- (1) 安装多层迷宫密封+唇型密封组合结构，密封唇口涂抹润滑脂；
- (2) 密封压盖螺栓按对称均布顺序分两次拧紧，预紧力矩符合 GB/T 3098.1-2021 标准，密封面间隙符合 JB/T 8725-2013 标准。

6.5.3 总成装配与调试。

a) 主轴承总成合装

内圈与齿轮箱法兰连接，螺栓按 JB/T 5000.10 标准分级加载。

b) 空载试运行

- (1) 低速运转 30 分钟，监测温度变化值、振动值；
- (2) 逐步提速至额定转速，检查装配精度。

6.5.4 质量验收标准

a) 关键指标检测

- (1) 游隙验证：使用塞尺测量径向游隙，合格指标按 GB/T 25769-2010 标准；
- (2) 密封性测试：1.2 倍设计压力下工作四小时，渗漏量合格标准符合 JB/T 6374-2022；

b) 文档记录

- (1) 记录装配过程数据；
- (2) 生成《主轴承再制造装配质量报告》，包含检测数据、试运行曲线及操作人员签章。

6.5.5 安全与环保要求。

- (1) 装配现场需控制粉尘浓度，废弃清洗剂按 GB 8978 标准处理；

(2) 重物吊装时, 使用额定载荷 ≥ 5 吨的电磁吸盘, 操作人员距工装安全距离 $\geq 5\text{m}$ 。

7 验收

- 7.1 再制造完成后的主轴承应测量外形尺寸, 外形尺寸应符合再制造设计图纸及技术要求。
- 7.2 再制造完成后的主轴承按照 JB/T 10471 的规定测量径向游隙和轴向游隙。
- 7.3 再制造完成后的主轴承按照 JB/T 10471 的规定测量旋转精度, 旋转精度的公差等级应达到 5 级。
- 7.4 再制造完成后的主轴承应重新计算承载能力, 提供再制造主轴承的承载曲线。计算原理符合 GB/T 4662 和 GB/Z 36517 的规定。
- 7.5 应根据用户提供的工作载荷计算再制造主轴承的寿命。

(1) 寿命计算准则:

基于 ISO 281:2007 标准建立动态载荷谱, 采用修正系数法进行 L10 寿命计算时, 须同时满足:

- 1) 输入用户提供的实际工作载荷时应包含轴向载荷 F_r 、径向载荷 F_a 及转速 n 的三维动态分布;
- 2) 采用当量动载荷 $P=0.67F_r + 0.5F_a$ 公式时, 应验证载荷比 $F_a/F_r \leq 1.5$ 的适用范围。

(2) 寿命修正系数

根据再制造工艺特性引入修正因子:

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$

η_1 : 游隙补偿系数 (建议取值 0.85-1.15, 依据 DIN 620-4 测量实际游隙)

η_2 : 滚道硬化系数 (表面硬度 58-62HRC 取 1.0, 每 $\pm 1\text{HRC}$ 调整 0.05)

η_3 : 润滑衰减系数 (油膜参数 $\Lambda > 3$ 取 1.0, $\Lambda = 1 \sim 3$ 时按 0.1 Λ 线性折算)

(3) 影响因素量化

- 1) 游隙改变量应控制在 ISO 5753-1 规定的 C3 组公差带 80% 范围内;
- 2) 再制造滚道硬度波动需满足 $\Delta\text{HV} \leq 50$ 的显微硬度梯度要求;
- 3) 润滑条件评估应包含基础油粘度、添加剂含量及污染等级。

(4) 特殊工况处理

当出现下列情况时需采用有限元接触分析进行寿命修正:

- 1) 接触椭圆长轴与滚道边缘距离小于 3mm;
- 2) 非牛顿流体润滑条件下的油膜压力分布异常;
- 3) 存在安装误差导致的边缘载荷集中现象。

注: 本计算方法不适用于材料缺陷深度超过 0.2mm 或残余应力梯度 $> 200\text{MPa/mm}$ 的再制造轴承。

8 标志与贮存

- 8.1 再制造主轴承按照 GB/T 8597 的规定进行防护和防锈包装。
- 8.2 再制造主轴承的铭牌, 使用说明书和包装的明显位置应标注再制造标志。再制造标志应含有以下内容:
 - (1) 再制造主轴承名称;
 - (2) 再制造主轴承型号;
 - (3) 再制造商名称和再制造日期。
- 8.3 主轴承应水平放置于干燥、通风良好的室内平坦场地, 基底承重能力不得低于设备总质量的 1.5 倍。对于多层叠放存储的再制造主轴承, 必须采取以下防护措施: 设置防滑移固定装置, 建议采用三点式定位卡具; 在层间接触部位加装缓冲衬垫; 每叠不得超过 3 层, 叠高限制在 2.5m 以内; 当

叠放超过 2 层时，须在第二层加装辅助支撑架（承重梁间距不大于轴承直径的 0.6 倍）。建议在存储区域设置湿度监测装置，并安装轴承同轴度检测报警装置，防止结构变形。

附录 A
主轴承再制造流程

A.1 主轴承再制造流程图

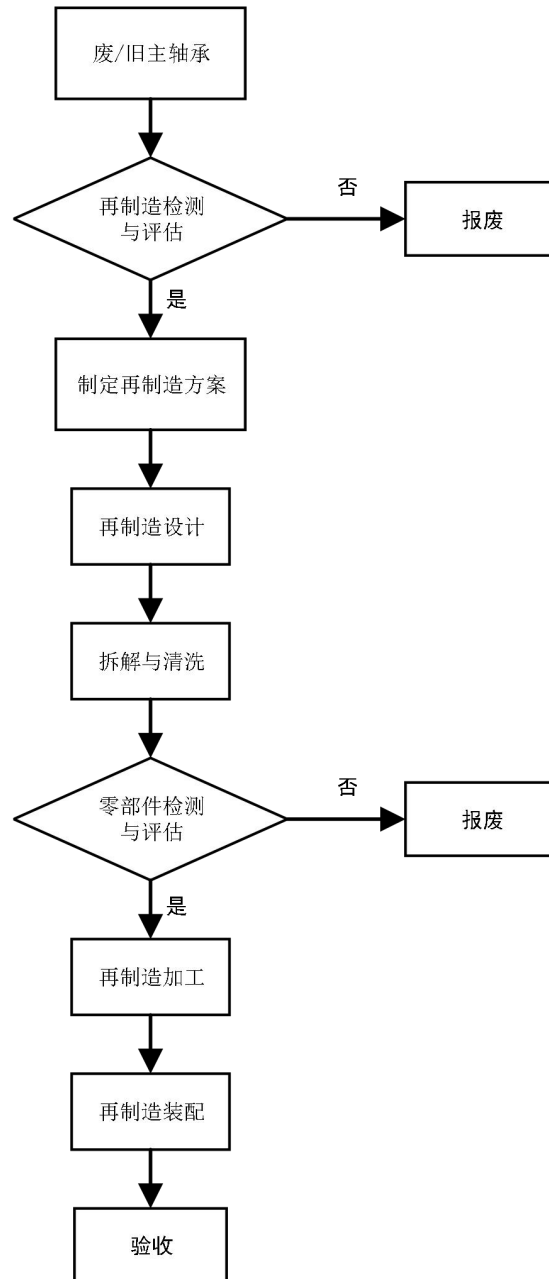


图 A.1 主轴承再制造流程图

附 录 B

圆柱滚子精度

B.1 圆柱滚子精度见表 B.1~B.4

表 B.1 直径公差和粗糙度

D_W mm		$V_{D_{WP}}$ μm max	$\Delta_{D_{WP}}$ μm max	$V_{D_{WmP}}$ μm max	$V_{D_{wL}}$ μm max	$V_{D_{wB}}$ μm max	S_T μm	I_{GD_w} μm	直径规值 μm			R_a μm max
—	26	0.8	1	0.8	2	—	—	1	-8~-1	0	+1~+6	0.16
26	40	1.2	1.2	1.2	3	—	—	1.5	-9~-1.5	0	+1.5~+6	0.2
40	75	2	2	2	(3)	3	1	1(1.5)	-16~-1	0	+1~+16	0.32
75	120	2.5	2.5	2.5	(5)	5	1.5	1.5(2.5)	-18~-1.5	0	+1.5~+18	0.32

注：括号内的数据为非优选系列。

B.2 长度公差

表 B.2 长度公差

L_W mm		$V_{L_{wL}}$ μm max	$V_{L_{wB}}$ μm max	S_T μm max	I_{GLw} μm max	长度规值 μm
—	48	0.8	1	0.8	2	-18;-12;-18;-6;+6
48	—	1.2	1.2	1.2	3	-40;-30;-20;-10;0;+10

B.3 端面跳动粗糙度

表 B.3 长度公差

D_W mm		S_{D_w} μm max	端面的表面粗糙度 R_a μm max
—	26	6	0.3
26	48	6	0.3
48	120	10	0.5

B.4 端面跳动粗糙度

表 B.4 滚子倒角尺寸

D_w <i>mm</i>		$r_{1s\min}$ <i>mm</i>	$r_{1s\max}$ <i>mm</i>	$r_{2s\min}$ <i>mm</i>	$r_{2s\max}$ <i>mm</i>
26	34	0.6	1.4	0.6	1.4
34	42	0.7	1.7	0.7	1.7
42	56	0.9	2.1	0.9	2.1
56	64	1.2	2.4	1.2	2.4
64	75	1.4	2.6	1.4	2.6
75	95	1.8	3.2	1.8	3.2
95	115	2.2	3.8	2.2	3.8
115	120	2.7	4.3	2.7	4.3

参 考 文 献

- [1] GB/T 34354—2017 全断面隧道掘进机 术语和商业规格。
- [2] GB/T 4661 滚动轴承 圆柱滚子。
- [3] GB/T 4662 滚动轴承 额定静载荷。
- [4] GB/T 7811 滚动轴承 参数符号。
- [5] GB/T 8597 滚动轴承 防锈包装。
- [6] JB/T 10471 滚动轴承 转盘轴承。
- [7] T/DGGC 004—2020 全断面隧道掘进机再制造 质量控制要求。
- [8] T/DGGC 015—2020 盾构机组装、调试及验收技术标准。