

ICS 43.040.01

CCS J 92

T/GXAS

团 体 标 准

T/GXAS 423—2022

商用车锻钢曲轴技术条件

Technical specifications for forged steel crankshafts of commercial vehicle

2022-12-28 发布

2023-01-03 实施

广西标准化协会 发布

前 言

本文件参照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。

本文件由桂林福达股份有限公司提出、归口并宣贯。

本文件主要起草单位：桂林福达股份有限公司、桂林福达曲轴有限公司、桂林福达重工锻造有限公司、广西玉柴机器股份有限公司、江阴兴澄特种钢铁有限公司。

本文件主要起草人：彭添、黎锋、梁梅芳、毛晓峰、林升垚、邓玉婷、黄斌、廖德侃、邓诗贵、蒲鹰、骆玉城、苏怀林、覃星念、吴小林、刘乐东。

商用车锻钢曲轴技术条件

1 范围

本文件界定了商用车锻钢曲轴涉及的术语和定义，规定了商用车发动机锻钢曲轴的曲轴材料、曲轴锻件、曲轴成品的技术要求，以及检验规则、标志、包装、运输和贮存等要求，描述了相应的检验方法。

本文件适用于商用车发动机锻钢曲轴的制造及检验。

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 222 钢的成品化学成分允许偏差
- GB/T 223 (所有部分) 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 224 钢的脱碳层深度测定法
- GB/T 225 钢 淬透性的末端淬火试验方法 (Jominy 试验)
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分: 室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分: 试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分: 试验方法
- GB/T 702 热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 1031 产品几何技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值
- GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 1800.1-2020 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 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分: 按接收质量限 (AQL) 检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 3077-2015 合金结构钢
- GB/T 3730.1 汽车和挂车类型的术语和定义
- 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 5216-2014 保证淬透性结构钢
- GB/T 5617 钢的感应淬火或火焰淬火后有效硬化层深度的测定
- GB/T 6394-2017 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 7232 金属热处理工艺 术语
- GB/T 7704 无损检测 X射线应力测定方法
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 12362 钢质模锻件 公差及机械加工余量
- GB/T 13320-2007 钢质模锻件 金相组织评级图及评定方法
- GB/T 15712-2016 非调质机械结构钢
- GB/T 19055 汽车发动机可靠性试验方法
- GB/T 23339-2018 内燃机 曲轴 技术条件
- GB/T 30512 汽车禁用物质要求
- GB/T 34474.1 钢中带状组织的评定 第1部分: 标准评级图法
- JB/T 6729 内燃机 曲轴、凸轮轴磁粉探伤
- JB/T 9204-2008 钢件感应淬火金相检验

JB/T 12662 内燃机曲轴扭转疲劳试验方法

QC/T 637 汽车发动机曲轴弯曲疲劳强度试验方法

ISO 16232: 2018 道路车辆-零部件和系统的清洁度 (Road vehicles-cleanliness of components and systems)

3 术语和定义

GB/T 3730.1、GB/T 7232界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

商用车 commercial vehicle

在设计和技术特性上用于运送人员和货物的汽车，并且可以牵引挂车。乘用车不包括在内。

3.2

过烧 burning

工件加热温度过高，致使晶界氧化和部分融化的现象。

4 技术要求

4.1 曲轴材料

4.1.1 材料牌号

锻钢曲轴宜采用下列牌号的材料制造，也可采用力学性能不低于下列牌号的其他钢材制造：

- a) 按 GB/T 15712-2016 中规定的 F38MnVS、F40MnVS、F48MnV、F49MnVS 非调质钢或其他类似用途的非调质钢；
- b) 按 GB/T 3077-2015 中规定的 40CrNiMo、42CrMo、45Mn2、35CrMo、40Cr、40MnB 合金钢。

4.1.2 材料要求

4.1.2.1 化学成分

4.1.2.1.1 锻钢曲轴材料的化学成分应符合 GB/T 3077-2015、GB/T 5216-2014、GB/T 15712-2016 的规定或在满足力学性能的前提下如需方有特殊要求，由供需双方协商确定。

4.1.2.1.2 锻钢曲轴成品的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

4.1.2.1.3 当需方对曲轴材料的化学成分有特殊要求时，由供需双方协商确定。

4.1.2.2 非金属夹杂物

非金属夹杂物按GB/T 10561进行检验，评级应符合表1规定。如需方有不同级别要求或需要含硫钢时，其合格级别由供需双方协商确定。

表 1 非金属夹杂物级别

单位：级

非金属夹杂物	A		B		C		D		Ds
	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	/
	不大于								
低硫调质钢	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
低硫非调质钢	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	/
含硫材料 (0.035%~0.065%)	3.0	4.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	/

注：低硫调质钢和低硫非调质钢的A、B、C、D四者粗系和细系之和分别≤4.5级。

4.1.2.3 淬透性

曲轴材料的淬透性应符合GB/T 5216-2014中6.5的规定，或由供需双方协商确定。

4.1.2.4 冶炼方法

原材料冶炼方法采用电炉冶炼或转炉冶炼并经炉外精炼，以热轧或退火状态交货，钢坯至轧材的轧制压缩比应不小于 5。

4.1.2.5 外形尺寸

原材料外形、尺寸、重量及允许偏差，应符合 GB/T 702 的规定或由供需双方协商确定。

4.1.2.6 低倍组织

原材料酸浸低倍组织采用 GB/T 226 进行检测，按 GB/T 1979 进行级别评定，应符合表 2 的规定。钢材的横截面在酸浸低倍组织试片上或在淬火断口试片上不应有肉眼可见的缩孔、气泡、裂纹、夹杂、翻皮、分层、白点及晶界裂纹等缺陷。

表 2 酸浸低倍组织级别

单位：级

锭型偏析	中心疏松	一般疏松	一般点状偏析	边缘点状偏析
≤2.0	≤2.0	≤2.0	不应存在	

4.1.2.7 晶粒度

原材料奥氏体晶粒度不低于 GB/T 6394-2017 中规定的 5 级，晶粒度不均匀级差不大于 3 级。

4.1.2.8 脱碳层

原材料脱碳层按 GB/T 224 的规定检验，单边总脱碳层深度不大于钢材直径的 0.8%。

4.1.2.9 硬度

原材料硬度按 GB/T 231.1 的规定检验，在钢材 R/2 位置测定，硬度不大于 280HBW，如需方有特殊要求，由供需双方协商确定。

4.1.2.10 带状

原材料带状组织按 GB/T 34474.1 的规定进行评定，带状组织不大于 2.0 级。

4.1.2.11 内部质量

原材料不应存在孔眼、缩孔、气泡、裂纹、分层、非金属杂质等影响强度和使用性能的内部缺陷。

4.1.2.12 表面质量

原材料的表面质量应符合 GB/T 3077-2015、GB/T 5216-2014、GB/T 15712-2016 的规定，或供需双方协商确定。

4.1.2.13 环境要求

原材料禁用物质应符合 GB/T 30512 的规定，且放射性污染允许的最大值为 0.1 Bq/g。

4.2 曲轴锻件

4.2.1 锻件加热要求

锻件用原材料棒料（以下简称“棒料”）加热时采用中频感应加热方式，加热时不应过烧。棒料加热温度未超出工艺温度上限但无法流转至下一工序的棒料可重复加热两次，总加热三次后仍无法流转至下一工序的棒料，直接报废；棒料加热温度高于工艺温度上限的直接报废。

4.2.2 锻件标识

锻件上应按产品图样规定的部位清晰地标注产品标识，保证产品的可追溯性，如制造商代码、炉号等。

4.2.3 锻件形状、尺寸及精度

- 4.2.3.1 锻件的形状、尺寸按产品图样执行，公差按 GB/T 12362 精密级选取。
- 4.2.3.2 锻件残留飞边应均匀一致，飞边高度不大于 1.5 mm，过切深度不大于 1.5 mm，测量方法按照 GB/T 12362 的规定执行。
- 4.2.3.3 锻件拔模斜度 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，宜为 1.5° 。
- 4.2.3.4 锻件错差应 ≤ 1.5 mm，判定方法按照 GB/T 12362 执行。
- 4.2.3.5 锻件的直线度误差应 ≤ 1.5 mm/1 000 mm。

4.2.4 锻件表面质量

- 4.2.4.1 锻件表面应采用直径不大于 1.5 mm 的切丝断丸或铸钢丸进行抛丸处理，抛丸覆盖率 100%，清除氧化皮、锈蚀和污物等附着物。
- 4.2.4.2 锻件抛丸后应采用 100% 磁粉探伤，探伤后应进行退磁处理，剩磁量不高于 5 GS。
- 4.2.4.3 锻件表面不应存有机加工不可消除的折叠、裂纹等影响强度的缺陷。对于锻件表面上的折叠、裂纹等缺陷，允许采用打磨的方法消除，非加工面打磨深度不应大于厚度公差的 1/3，加工面打磨深度不大于毛坯实际加工余量的 1/2，打磨部位应圆滑过渡，打磨宽度不小于打磨深度的 6 倍，打磨长度应在两端超出缺陷长度 3 mm 以上。
- 4.2.4.4 锻件非加工表面上的凹坑，氧化坑、碰伤等缺陷深度不应大于厚度公差的 1/3。
- 4.2.4.5 锻件加工装夹位置不应有凹坑或凸起等影响加工定位精度的缺陷。
- 4.2.4.6 锻件平衡块顶部的未填满部分允许局部补焊，焊后应修磨圆滑并进行去应力处理。补焊后的锻件应经抛丸、探伤处理。锻件平衡块以外部位均不应补焊。
- 4.2.4.7 锻件表面脱碳层深度不超过 0.5 mm。

4.2.5 锻件力学性能和硬度

曲轴锻件热处理包括：调质、控制冷却。调质钢锻件重复淬火次数不超过二次，回火次数不限。锻件力学性能和硬度应符合供需双方确认的锻件图样、技术协议的要求。客户未要求时，锻件性能应符合表3的规定。

表 3 锻件热处理力学性能和硬度推荐参数

牌号	热处理	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A%	断面收缩率 Z%	冲击功 KU_2 J	硬度 HBW
40Cr	调质	≥ 820	≥ 620	≥ 12	≥ 45	≥ 47	250~310
42CrMo	调质	≥ 850	≥ 680	≥ 12	≥ 45	≥ 63	260~310
48MnV	控制冷却	≥ 800	≥ 500	≥ 10	/	/	230~290
S38MS1V	控制冷却	≥ 800	≥ 500	≥ 10	/	/	230~290

注：同一根曲轴硬度差不大于 50 HBW。

4.2.6 金相组织

- 4.2.6.1 调质处理的锻件，晶粒度不低于 GB/T 6394-2017 中规定的 5 级，同一根产品的晶粒度不均匀度级差不大于 3 级，金相组织应符合 GB/T 13320-2007 中 6.3 规定的 1~4 级。
- 4.2.6.2 非调质钢锻件经控制冷却处理后，晶粒度不低于 GB/T 6394-2017 中规定的 3 级，金相组织为珠光体+铁素体，允许有少量贝氏体。

4.2.7 锻造流线

锻件流线应沿金属主要伸长变形方向呈纤维状分布，并与锻件外轮廓相符，不应出现流线切断、回流、涡流等流线紊乱现象。沿轴向对锻件进行剖切，表面打磨光滑后，采用酸蚀检验法进行检测。

4.3 曲轴成品

4.3.1 表面处理

4.3.1.1 表面处理方法的选择

曲轴的表面处理方法、硬化层深度和表面硬度按图样和技术文件的规定。为提高曲轴的疲劳强度和耐磨性，宜采用圆角及轴颈感应淬火、圆角滚压及轴颈感应淬火等强化处理工艺。

4.3.1.2 圆角及轴颈感应淬火

4.3.1.2.1 锻钢曲轴圆角及轴颈表面感应淬火后应回火。

4.3.1.2.2 轴颈淬硬层深度为 1.5 mm~5.5 mm；圆角淬硬层深度不低于 2 mm，9L 及以上机型曲轴宜不低于 3 mm；有效淬硬层深度按 GB/T 5617 规定测量。

4.3.1.2.3 台肩淬硬层高度应至少高于圆角与台肩相交处 2 mm，另应避免正好在台肩边缘处，宜在台肩边缘±1 mm 以外，台肩淬硬层高度宜高于台肩边缘 1 mm 及以上。圆角及轴颈感应淬火示意图见图 1。

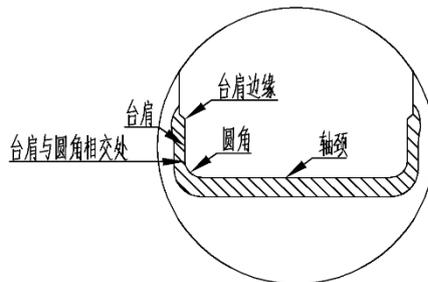


图 1 圆角及轴颈感应淬火位置

4.3.1.2.4 淬火表面硬度按产品图样规定，非调钢宜不低于 45 HRC，合金钢宜不低于 50 HRC，同一根曲轴表面硬度差应不大于 6 HRC。

4.3.1.2.5 淬硬层金相检验按 JB/T 9204-2008 的规定执行，马氏体组织应为细针状马氏体，并符合 JB/T 9204-2008 中 3~7 级。调质钢件淬火后在淬硬层深度范围内应包含 20% 的索氏体组织；非调质钢件淬火后在淬硬层深度范围内应包含 50% 的马氏体组织，0.5 mm 深度范围内应保证为 100% 马氏体组织。

4.3.1.2.6 曲轴进行感应淬火后，以两端主轴颈外径为检测基准，中间轴颈最大变形量不大于 0.5 mm。

4.3.1.3 表面油孔的处理

曲轴油孔口处应按图样要求倒钝，淬火后不应有裂纹，油孔口应进行抛光。与轴颈外圆表面过渡 R0.2 mm~0.4 mm，粗糙度要求不低于 Ra0.63 μm，边沿不应产出凸起，采用红丹油涂（厚度 0.03 mm~0.08 mm）于内瓦贴合检测，在油孔边沿红丹油贴合内瓦比率应大于 75%。

4.3.1.4 圆角滚压强化处理

4.3.1.4.1 圆角滚压分为大圆角滚压和沉割槽滚压两种方式。

4.3.1.4.2 滚压后的曲轴圆角（沉割槽）内表面应光滑、有光泽，无挤痕（折叠）、孔隙、裂纹和划痕、碰伤等缺陷存在，与滚轮贴合区域粗糙度不大于 Ra0.63 μm。

4.3.1.4.3 曲轴进行滚压时，主轴颈采用恒力滚压，连杆颈采用变力滚压，高压区在连杆内侧，角度不小于 240°，低压区在连杆高点方向，角度不大于 120°，滚压后台肩面跳动要求 0.1 mm。

4.3.1.4.4 曲轴进行滚压后，变形量超出允许值时，可进行滚压校直，进行校直次数不能超过 3 次，校直滚压力不大于滚压允许的最大值，针对总长大于 700 mm 以上曲轴，滚压校直次数根据疲劳试验强度的拐点值来进行最终确定，校直次数不应使曲轴疲劳强度低于峰值的 85%。

4.3.2 表面粗糙度

曲轴加工表面粗糙度 Ra、轴颈表面轮廓支承长度率 Rmr(c) 应符合表 4 的规定。

表 4 曲轴加工表面粗糙度及轴颈表面轮廓支承长度率

项目	表面粗糙度 Ra μm	轴颈表面轮廓支承长度率 Rmr(c) %
主轴颈及连杆轴颈	≤0.40	Rmr(1.2) ≥90%
轴颈过渡圆角	≤0.63	-
止推凸台端面	≤0.63	-
齿轮装配外圆	≤1.25	-
滚压沉槽	≤0.63	-

表4 曲轴加工表面粗糙度及轴颈表面轮廓支承长度率（续）

项目	表面粗糙度 R_a μm	轴颈表面轮廓支承长度率 $R_{mr}(c)$ %
油孔口	≤ 0.63	-

4.3.3 尺寸公差和形状位置公差

- 4.3.3.1 主轴颈和连杆轴颈直径尺寸公差不应低于 GB/T 1800.1-2020 表 1 中的 IT6 级。
- 4.3.3.2 主轴颈和连杆轴颈的圆柱度不应低于 GB/T 1184-1996 表 B2 中的 7 级。
- 4.3.3.3 主轴颈与连杆轴颈轴线距离的公差为 0.1 mm。
- 4.3.3.4 连杆轴颈轴线对两端主轴颈公共轴线的平行度不应低于 GB/T 1184-1996 表 B.3 中的 6 级。
- 4.3.3.5 当曲轴用两端主轴颈支承时,各轴颈及端面对主轴颈公共轴线的圆跳动值应符合表 5 的规定。

表5 外圆跳动值

单位: mm

序号	项目	跳动值
1	曲轴中间主轴颈	0.080
2	装主动齿轮轴颈	0.050
3	装飞轮端的圆柱或圆锥形轴颈	0.050
4	止推端面	0.025
5	法兰端面	0.025
6	装油封轴颈	0.035
7	装风扇带轮轴颈	0.035

注1: 组合式曲轴按产品图样要求。
注2: 公差等级按GB/T 1184-1996表B.4的规定。

- 4.3.3.6 曲轴上装正时齿轮的键槽中心面对第一连杆轴颈轴线和主轴颈轴线组成平面的角度偏差为 $\pm 15'$ 。
- 4.3.3.7 曲轴上各连杆轴颈轴线和主轴颈轴线组成的平面对第一连杆轴颈轴线和主轴颈轴线组成的平面的角度偏差为 $\pm 15'$ 。
- 4.3.3.8 曲轴连接飞轮一端的端面应平整,其平面度公差 $\leq 0.05\text{ mm}$,表面不应有凸起。

4.3.4 动平衡

曲轴应做转速在300 r/min~400 r/min的动平衡试验。其动不平衡量按产品图样规定,曲轴为12个平衡块自身全平衡类型曲轴时,在每个平衡块上钻孔数不大于3个;平衡块数量不大于6个时,每个平衡块上钻孔数量不大于4个。

4.3.5 清洁度

应清除曲轴润滑油道内和各部位的金属屑及杂物,确保油道清洁和畅通。曲轴的清洁度应符合整机制造厂的规定,检测清洁度需分为检测曲轴整体表面清洁度及曲轴油孔清洁度,检测顺序为先检测油孔,后检测曲轴整体表面,清洁度应符合整机制造厂的具体图纸或技术规定。

4.3.6 残余应力

采用圆角及轴颈淬火工艺加工的曲轴成品,应在开发阶段以及量产时进行定期残余应力检查,试验方法按GB/T 7704的规定。轴颈和圆角0.127 mm深度处应为压应力,压应力值不小于69 MPa;台肩0.127 mm处压应力不小于30 MPa。

4.3.7 缺陷磁痕

缺陷磁痕允许极限值、退磁应符合JB/T 6729的规定。

4.3.8 弯曲疲劳强度

曲轴需通过本体弯曲疲劳试验，试验方法按QC/T 637的规定，应达到该曲轴产品图样或技术文件上的弯曲疲劳要求。

4.3.9 扭转疲劳强度

曲轴需通过本体扭转疲劳试验，试验方法按JB/T 12662的规定，应达到该曲轴产品图样或技术文件上的扭转疲劳要求。

4.3.10 耐久试验

曲轴按GB/T 19055的规定进行耐久试验，主轴颈和连杆轴颈的磨损量应不大于0.025 mm。

4.3.11 表面质量

主轴颈和连杆轴颈与曲柄连接的过渡圆角处应圆滑过渡，连接处不应有明显接痕；曲轴的工作表面应光洁，不应有碰痕、锈蚀、凹陷和其他肉眼可见的铸、锻造及加工缺陷；精加工的磨削(包括精磨和抛光)表面不应有磨削烧伤；曲轴的硬化层表面不应有压痕。

5 检验方法

5.1 曲轴材料

曲轴材料检验项目及检验方法见表6。如需方有特殊要求，由供需双方协商确定。

表6 曲轴材料检验项目及检验方法

序号	检验项目	检验方法
1	化学成分	GB/T 223、GB/T 4336
2	非金属夹杂	GB/T 10561
3	末端淬透性	GB/T 225
4	低倍组织	GB/T 226、GB/T 1979
5	晶粒度	GB/T 6394-2017
6	脱碳层	GB/T 224
7	硬度	GB/T 231.1
8	带状组织	GB/T 34474.1
9	尺寸	游标卡尺、千分尺

5.2 曲轴锻件

曲轴锻件检验项目及检验方法见表7。

表7 曲轴锻件检验项目及检验方法

序号	检验项目	检验方法
1	拉伸性能	GB/T 228.1
2	冲击性能	GB/T 229
3	金相组织	GB/T 13320-2007
4	晶粒度	GB/T 6394-2017
5	切片硬度	GB/T 231.1
6	表面硬度	GB/T 231.1
7	脱碳层	GB/T 224
8	锻造流线	GB/T 226、目测
9	几何尺寸	划线检验，三坐标检验，扫描检验
10	探伤及退磁	JB/T 6729
11	表面质量	目视或图纸要求

5.3 曲轴成品

曲轴成品检验项目及检验方法见表8。

表 8 曲轴成品检验项目及检验方法

序号	检验项目	检验方法
1	表面硬度	GB/T 230.1
2	淬硬层深度	GB/T 5617
3	金相组织	JB/T 9204-2008
4	探伤及退磁	JB/T 6729
5	残余应力	GB/T 7704
6	弯曲疲劳强度	QC/T 637
7	扭转疲劳强度	JB/T 12662
8	表面粗糙度	GB/T 1031或图纸要求
9	动平衡	图纸要求
10	清洁度	ISO 16232或图纸要求
11	表面质量	目视或图纸要求

6 检验规则

6.1 每根曲轴应经检验部门检验合格后出厂。

6.2 需方抽查产品质量时，应按照 GB/T 2828.1 的规定进行抽检。检验项目、组批原则、抽样方案、判定和复验规则按制造厂与需方商定的技术文件要求执行。

7 标志、包装、运输和贮存

按GB/T 23339-2018中第6章的规定执行。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
- [2] GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法
- [3] GB/T 11336 直线度误差检测
- [4] GB/T 12361 钢质模锻件 通用技术条件
- [5] GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- [6] GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- [7] JB/T 6727 内燃机曲轴 技术条件
- [8] QC/T 481 汽车发动机曲轴技术条件
- [9] QC/T 502 汽车感应淬火零件金相检验
- [10] QCn 2900.13 汽车产品质量检验清洁度评定方法



中华人民共和国团体标准

商用车锻钢曲轴技术条件

T/GXAS 423—2022

广西标准化协会统一印制

版权专有 侵权必究