

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 5929—91

工程机械驱动桥 可靠性试验方法

1991-12-17 发布

1992-07-01 实施

中华人民共和国机械电子工业部 发布

工程机械驱动桥 可靠性试验方法

1 主题内容与适用范围

本标准规定了驱动桥现场可靠性试验方法和试验室可靠性试验方法及其特征量观测值。
本标准适用于装载机、起重机、挖掘机等轮式车辆用驱动桥(不包括制动器)。

2 引用标准

- GB 10675 液压挖掘机可靠性试验方法
- GB 3300 平衡重式叉车 整机试验方法
- JB 4030.2 汽车起重机和轮胎起重机试验规范 行驶可靠性试验
- JB 3688.3 轮胎式装载机 型式试验方法
- JB/T 5928 工程机械驱动桥 台架试验方法

3 故障模式

根据故障性质及危害程度,将故障分为3类。见表1。

表1 故障模式分类

| 分 类 | | 故障模式 | 备 注 |
|------|-----------------------|------------------------------|---------|
| 类 别 | 零 部 件 名 称 | | |
| 致命故障 | 桥壳、托架行星架、差速器壳、轮毂等 | 因断裂造成驱动桥报废 | |
| 严重故障 | 桥 壳 | 壳体有裂纹、附件焊缝裂开或脱掉、塑变每米大于1.5 mm | |
| | 差速器壳、主减速器壳及行星架 | 局部断裂、严重磨损或严重刮伤 | |
| | 轴 承 | 损 坏 | |
| | 半 轴 | 折 断 | |
| | 差速器齿轮衬片、半轴齿轮衬片及行星齿轮衬片 | 严重磨损或烧伤 | |
| | 齿 轮 | 断齿、齿面压碎、严重点蚀或剥落 | |
| 一般故障 | 轴 承 | 因磨损而间隙过大 | 1 h 内排除 |
| | 油 封 | 因失效漏油 | |
| | 主减速器及轮边减速器 | 因轴承间隙过紧或油量不足而引起油温过高 | |

续表 1

| 分 类 | | 故障模式 | 备 注 |
|------|------------|----------|---------------|
| 类 别 | 零 部 件 名 称 | | |
| 轻微故障 | 油塞处 | 油塞松动引起漏油 | 20 min 内排除 |
| | 零件接合面 | 螺栓松动引起漏油 | |
| | 主减速器及轮边减速器 | 有轻微异响 | |

4 驱动桥现场可靠性试验方法

驱动桥现场可靠性试验随其主机现场可靠性试验一起进行。属非破坏性试验。

4.1 试验目的

在现场可靠性试验中,测定驱动桥可靠性特征量——平均无故障工作时间 $MTBF$ 和有效度 K ,用以鉴定批量产品的质量和验证新产品可靠性。

4.2 试验方法

4.2.1 试验样品

由委托单位提供符合设计要求的不少于 30 根驱动桥(双桥驱动的机种,前、后桥各半,对装有贯通桥的机种,中、后桥各半),抽样两根(不同品种各 1 根),装于一台(双桥或多桥驱动的机种)或两台(单桥驱动的机种)抽样主机上,随主机作集中考核试验。

4.2.2 装载机驱动桥现场可靠性试验

4.2.2.1 试验前的技术准备

- 整机的技术准备按 JB 3688.3 中第 1.4.1.5 条规定;
- 附有驱动桥必要的设计、工艺资料;
- 配备点温计测量驱动桥油温,点温计量程 $0 \sim +110^{\circ}\text{C}$,精度 $\pm 1\%$ 。

4.2.2.2 试验时间

- 装载机驱动桥可靠性试验时间为 1 000 h,也适用于其他机种,每天作业的连续时间应不少于 6 h。
- 作业工况按 JB 3688.3 中第 3.3 条规定。

4.2.3 挖掘机驱动桥可靠性试验按 GB 10675 中第 4.5.6.1.6.3 条的规定。

4.2.4 汽车起重机和轮胎起重机驱动桥可靠性试验按 JB 4032.2 中第 1 和第 2 章的规定。

4.2.5 叉车驱动桥可靠性试验按 JB 3300 中第 14.2,14.4.1 和 14.4.5 条所规定的要求进行。

4.2.6 其他机种的试验前的准备工作,试验条件,试验时间(或总里程数)及作业方式,需按照各主机的整机可靠性试验方法中或参照上述机种(主机无可靠性试验标准时)中所对应的规定进行。

4.3 可靠性试验数据的收集

试验期间驱动桥全部的试验数据,包括作业条件、保养时间、工区转移、故障次数、参加试验人数等均记入表 7 中。

试验期间不允许出现严重故障,记入表 7 中的故障次数是指本标准第 3 章中所规定的一般故障。

4.4 试验结果

4.4.1 解体检查

试验结束后,对驱动桥进行解体,并按说明书和图纸要求检查,观察零件是否有损坏、变形及不正常磨损,并对主要零件进行精密测量确定其磨损量。

4.4.2 特征量观测值

- 平均无故障工作时间按式(1)计算:

$$MTBF = \frac{T_0 \gamma}{m} \dots\dots\dots (1)$$

式中: $MTBF$ ——平均无故障工作时间, h/次;

T_0 ——一根样品的总工作时间, h;

m ——整个试验中出现的故障次数, 次;

γ ——抽样数。

b. 有效度按式(2)计算:

$$K_1 = \frac{T_0 \times 100}{T_0 + T_1 + T_2} \% \dots\dots\dots (2)$$

式中: K_1 ——有效度(即技术利用系数), %;

T_1 ——正常保养与维修时间, h;

T_2 ——故障停机时间(非正常保养与维修时间), h。

5 试验室可靠性试验方法

试验室可靠性试验是对主减速器锥齿轮副、轮边减速器齿轮副、半轴及桥壳四个主要零部件在台架上进行的疲劳寿命试验, 属破坏性试验。

本试验目的是用来确认主减速器锥齿轮副、轮边减速器齿轮副、半轴及桥壳四个主要零部件使用寿命能否达到或超过驱动桥总成的使用寿命(即首次大修寿命)。

5.1 驱动桥桥壳垂直弯曲疲劳试验

按 JB/T 5928 进行

5.2 主减速器锥齿轮副的疲劳寿命试验

5.2.1 试验目的

测定主减速器锥齿轮副的弯曲和接触疲劳寿命。根据需要允许只做一种试验。

5.2.2 试验样品和技术准备

5.2.2.1 试验样品

由委托单位提供与特定主机匹配的符合设计要求的成品不少于 30 套, 抽样 3 套。

5.2.2.2 必备的技术资料

- a. 驱动桥设计、工艺及使用说明书等资料;
- b. 主机要求的驱动桥总寿命(首次大修寿命 h);
- c. 主机实际工况的典型使用规范或程序载荷谱。

5.2.3 试验装置

试验装置可用闭式试验台或开式试验台, 并配备测扭仪、测速仪、计数器及测温计。

a. 试验台精度: 在 20 h 连续运转的时间内, 对于给定的扭矩值误差 5%, 对于给定的转速误差 $\pm 10 \text{ r/min}$;

b. 测扭仪精度: $\pm 0.50\%$;

c. 测速仪精度: $\pm 1\%$;

d. 八位计数器精度: $\pm 0.1\%$;

e. 桥的油温测量: 量程 $0 \sim +110^\circ\text{C}$, 精度 $\pm 1\%$ 。

5.2.4 试验条件

5.2.4.1 试验扭矩

a. 弯曲疲劳试验的最大扭矩 T_{BF}

选取主动锥齿轮的最大工作扭矩 T_{max} (以下简称最大扭矩) 作为弯曲疲劳试验的最大扭矩 T_{BF} ;

b. 接触疲劳试验的最大扭矩

$$T_{pH} = (0.7 \sim 0.8)T_{pF} \dots\dots\dots(3)$$

式中: T_{pH} ——接触疲劳试验的最大扭矩, N·m;
 T_{pF} ——弯曲疲劳试验的最大扭矩, N·m。

5.2.4.2 主动锥齿轮的最大扭矩 T_{max}

最大扭矩 T_{max} 按下列两种情况计算的较小者选用。

a. 按发动机最大扭矩确定。

对机械式传动系:

$$T_{max} = T_{emax}i_{gT}\eta_mK_o \quad N \cdot m \dots\dots\dots(4)$$

式中: T_{emax} ——发动机最大输出扭矩, N·m;
 i_{gT} ——变速箱(或经分动箱)低档传动比;
 η_m ——从发动机至主动锥齿轮的总效率;
 K_o ——扭矩分配系数。

对液力机械传动系:

$$T_{max} = T_{Tmax}i_{gT}\eta_mK_o \quad N \cdot m \dots\dots\dots(5)$$

式中: T_{Tmax} ——发动机与变矩器共同工作的最大输出扭矩, N·m;
 η_m ——从变矩器输出端至主动锥齿轮的总效率。
扭矩分配系数 K_o 值应符合表 2 规定。

表 2 扭矩分配系数 K_o 。

| 装 载 机 | | 单桥驱动 的 机 械 | 多桥驱动的机械 | |
|-------|----------|---------------|----------|-----|
| 按静强度 | 按疲劳强度 | | 非贯通桥 | 贯通桥 |
| 1 | 0.57~0.7 | 1 | 0.57~0.7 | 0.7 |

b. 按驱动桥附着扭矩确定,按式(6)计算。

$$T_{max} = \frac{G\varphi r_k}{i\eta} \quad N \cdot m \dots\dots\dots(6)$$

式中: G ——满载时驱动桥荷, N;
 φ ——附着系数,按主机设计值;
 i ——驱动桥总传动比;
 η ——驱动桥总传动效率,按主机设计值;
 r_k ——车轮滚动半径, m。

5.2.4.3 试验转速

选取试验扭矩所对应的实际工况下的最大转速作为试验转速 n_p 。
为加快试验速度,可采用提高试验转速的强化试验法,但提高的转速 n_{pmax} 不得超过最大工作转速的 0.5 倍(即 $n_{pmax} < 1.5n_p$)。

5.2.4.4 试验油温

a. 按驱动桥(或主机)使用说明书的规定加入润滑油。试验时,齿轮的油温控制在+60~+80℃之间,短时间内允许达到+90℃;双曲线齿轮油油温控制在+70~+90℃之间,短时间内允许+100℃。上述油温在油位孔处测量。

b. 试验中允许采用风冷或水冷控制试验桥油温。

5.2.5 试验程序

5.2.5.1 接触斑点试验

- a. 按 0, 0.25 T_{pF} , 0.5 T_{pF} , 0.75 T_{pF} , 1 T_{pF} 的加载程序检查接触斑点。
- b. 接触斑点不符合图样要求的应重新调整、校准,再按本条的 a 执行,直到合格为止。

5.2.5.2 加载方法

- a. 试运转
以试验转速 n_p 的 1.5~2 倍的转速,以 3%,15%的试验扭矩分别运转 1h。
- b. 正式试验
按表 3 或表 4 的加载程序加载,在试验过程中每隔 1h 记录一次扭矩、转速及桥内油温填入表 9 中。也可采用其他程序疲劳试验法。
- c. 试验的终止状态

在做弯曲疲劳试验时,以轮齿折断(此时有巨大响声和振动)为终止状态。在做接触疲劳试验时,以载荷急剧增加和异常噪音为终止状态。此时点蚀面积超过齿工作面积的 25%(即点蚀面积率超过 25%)。

表 3 加载程序表

| 相应于试验扭矩 T_p 的百分率 % | 试验时间 h | 试验转速 rpm |
|-------------------------|-----------|----------------|
| 25 | 4 | $n_1 \geq n_p$ |
| 50 | 4 | $n_2 \geq n_p$ |
| 75 | 8 | $n_3 \geq n_p$ |
| 100 | 直到损坏 | $n_4 \geq n_p$ |

表 4 快速试验加载程序表

| 相应于试验扭矩 T_p 的百分率 % | 试验时间 h | 试验转速 rpm |
|-------------------------|-----------|---------------------|
| 25 | 3 | $n_1 \geq n_{pmax}$ |
| 50 | 3 | $n_2 \geq n_{pmax}$ |
| 75 | 6 | $n_3 \geq n_{pmax}$ |
| 100 | 直到损坏 | $n_4 \geq n_{pmax}$ |

5.2.6 试验结果

- a. 记录整理:将表 9 中数据按表 5 统计整理。

表 5 试验记录整理

| 试验扭矩 T_i $N \cdot m$ | 试验转速 n rpm | 累积时间 t h | 循环数 N_i 次 |
|---------------------------|-----------------|---------------|----------------|
| T_{p1} | n_1 | t_1 | N_{p1} |
| T_{p2} | n_2 | t_2 | N_{p2} |
| ... | ... | ... | ... |
| T_{pi} | n_i | t_i | N_{pi} |

b. 主机典型使用规范按表 6 统计。

表 6 主机典型使用规范

| 典型工况 | 扭 矩 $N \cdot m$ | 给定工况占总寿命的百分率 % | 对应扭矩 T 的实际 转数 rpm | 负荷循环数 N 次 |
|------|--------------------|----------------|------------------------|----------------|
| I | T_1 | | n_1 | N_1 |
| II | T_2 | | n_2 | N_2 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| i | T_i | | n_i | N_i |

c. 特征量观测值

折合实际工作的等效寿命循环数 N_{ep} 按式(7)计算。

$$N_{ep} = N'_{ep} \left(\frac{T'_{ep}}{T_{ep}} \right)^K q \quad \text{次} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$T_{ep} = \sqrt[K]{\sum \frac{N_i T_i}{N_e}} \quad N \cdot m \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$N'_{ep} = \sum \left(\frac{T_{pi}}{T_{ep}} \right)^K N_{pi} \quad \text{次} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$T'_{ep} = \sqrt[K]{\sum \frac{N_{pi} T_{pi}}{N_p}} \quad N \cdot m \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中: K ——弯曲强度 $K=6$; 接触强度 $K=3$;

q ——强化系数, 取 $q=2 \sim 2.3$;

N'_{ep} ——试验的当量循环数, 次;

T'_{ep} ——试验的当量扭矩, $N \cdot m$;

T_{pi} ——试验时任意级扭矩分别以 $T_{p1}, T_{p2}, \dots\dots$ 代入;

N_{pi} ——任意级试验扭矩的循环数, 分别以 $N_{p1}, N_{p2}, \dots\dots$ 代入;

N_{px} ——试验的累积循环数 $N_p = N_{p1} + N_{p2} + \dots\dots + N_{pi}$;

T_i ——任意工况扭矩,分别以 T_1, T_2, \dots, T_i 代入;

N_0 ——无限寿命的循环基数,弯曲疲劳 $N_0 = 3 \times 10^6$,接触疲劳 $N_0 = 5 \times 10^7$;

N_i ——任意工况扭矩的循环数,分别以 N_1, N_2, \dots, N_i 代入;

T_{eq} ——实际工作的当量扭矩, $N \cdot m$ 。

d. 数据处理

齿轮疲劳寿命遵循对数正态分布(或韦布尔分布)取其中值疲劳寿命。

e. 结果处理

根据整理后的试验数据、接触斑点、断齿的金相分析结果或点蚀状态分析结果等,写出试验报告。

5.3 轮边减速器齿轮疲劳试验

5.3.1 试验目的

测定轮边减速器齿轮副的弯曲和接触疲劳寿命,根据需要允许只做一种。

5.3.2 试验样品和技术准备

按第 5.2.2 条的规定。

5.3.3 试验装置

按第 5.2.3 条的规定。

5.3.4 试验条件

5.3.4.1 试验扭矩 T_{hp} 按式(11)计算:

$$T_{hp} = 0.6 i_0 T_p \quad N \cdot m \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中: i_0 ——主减速器传动比;

T_p ——同本标准 5.2.4.1 条。

5.3.4.2 试验转速 n_p

按第 5.2.4.3 条的规定。

5.3.4.3 试验油温

按第 5.2.4.4 条的规定。

5.3.5 试验程序

按第 5.2.5 条进行。

5.3.6 试验结果

按第 5.2.6 条的规定。

5.4 主减速器和轮边减速器齿轮副整体试验

5.4.1 试验目的

与第 5.2.1 条和 5.3.1 条相同。

5.4.2 试验样品和技术准备

5.4.2.1 试验样品

由委托单位提供符合设计要求的不小于 30 根驱动桥,抽样 3 根。

5.4.2.2 必备的技术资料

按第 5.2.2.2 条的规定。

5.4.3 试验装置、试验条件和试验程序

按第 5.2.3、5.2.4 条和 5.2.5 条的规定。

5.4.4 试验结果

a. 试验中其中一个齿轮副先损坏,这个齿轮试验就终止了,更换新齿轮副继续试验,直到另一个齿轮副损坏为止。最后损坏的齿轮副两次试验应累加。

b. 试验结果分别按 5.2.6 条执行。

5.5 半轴扭转疲劳试验

5.5.1 试验目的

测定半轴扭转疲劳寿命。

5.5.2 试验样品

由委托单位提供符合设计要求的不少于 30 根半轴成品,取样 3 根。并附有必要设计和工艺资料。

5.5.3 试验装置

可用激振式(机械激振、电液伺服)或曲柄连杆式扭转疲劳试验机,并配备测扭仪。试验台精度同第 5.2.3 条规定。

5.5.4 试验扭矩 T_{tw}

试验扭矩采用对称循环应力法。其试验扭矩按式(12)计算:

$$T_{tw} = 0.6i_oT_{\sigma F} \quad N \cdot m \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中: i_o ——主减速器传动比;

$T_{\sigma F}$ ——同本标准 5.2.4.1 条。

5.5.5 试验程序

- a. 把半轴水平装在试验机上;
- b. 按对称循环载荷加载,循环周期为 4 s。正载 1 s,无载 1 s;负载 1 s,无载 1 s 以此类推,直至半轴断裂;
- c. 每隔半小时记录一次试验参数(如载荷、扭角)以监测试验机的运行情况和疲劳裂纹的萌生扩展;
- d. 试验中应分别记录疲劳裂纹出现周次和裂纹扩展周次;
- e. 停机,记录停机时间,累计循环周次;
- f. 数据和结果处理。

试验数据按对称正态分布或威布尔规律进行统计处理,绘制 P-N 曲线,求出安全寿命。根据试验数据及零件损坏情况进行分析,写出试验报告。

5.6 试验报告

按 JB/T 5928 中第 5 章规定。

表 7 驱动桥现场可靠性试验记录

驱动桥型号 _____ 试验日期 _____ 气温 _____
主管试验员 _____ 试验场地 _____ 风速 _____
参加试验人员: _____

| 试 验 时 间 | | 作 业 情 况 | | 桥内油温 ℃ | 因故停机时间 h | 故障模式 |
|---------|-----|---------|-----------|-----------|-------------|------|
| 开 机 | 停 机 | 作业工况 | 作业时间 h | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

表 8 可靠性试验期间零部件损坏情况统计

驱动桥型号_____ 试验日期_____ 主管试验员_____

出厂编号_____ 试验场地_____

参加试验人员：

| 序 号 | 损坏零部 件 名 称 | 损坏特征 | 损坏时零部件 已工作时间 h | 损坏原因 | 损坏后所采取 的技术措施 | 技术措施所 产生的效果 |
|-----|---------------|------|----------------------|------|-----------------|----------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

表 9 驱动桥寿命试验记录

| 序 号 | 项 目 | 记录时间 h | 累计时间 h | 转 矩 T_p | 转 速 n_p | 油 温 $^{\circ}\text{C}$ | | 电机电流 A | 电 压 V | 记录员 |
|--------|--------|-----------|-----------|--------------|--------------|------------------------|-----|-----------|----------|-----|
| | | | | | | 被测桥 | 陪试桥 | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

附加说明：

本标准由机械电子工业部天津工程机械研究所提出并归口。

本标准由机械电子工业部天津工程机械研究所负责起草。

本标准主要起草人陈凤兰、侯新兰。

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
工程机械驱动桥 可靠性试验方法
JB/T 5929—91

机械电子工业部机械标准化研究所出版发行
(北京 8144 信箱 邮编 100081)

版权专有 不得翻印

河北省清河县印刷厂印刷

开本 880×1230 1/16 印张 7/8 字数 18 000
1991 年 12 月第一版 1991 年 12 月第一次印刷
印数 00.001—500 定价 1.40 元
编号 0492