

# CCNP

商用汽车与工程机械新能源动力系统  
产业技术创新战略联盟标准

T/CCNP XXX-2022

## 工程机械液压元件小样本 可靠性试验方法

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

商用汽车与工程机械新能源动力系统产业技术创新战略联盟 发布

## 目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
引 言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 量、符号和单位.....	4
5 可靠性试验方法.....	4
6 试验条件和试验过程.....	6
7 判定规则.....	7
附录 A 工程机械液压元件可靠性试验记录表 .....	8

## 前 言

本文件按GB/T 1.1给出的规则起草。

本文件规定了工程机械液压元件小样本可靠性试验的方法及要求。

本文件适用于本文件适用于工作介质为石油基液压油的工程机械液压元件小样本可靠性试验。

本文件由商用汽车与工程机械新能源动力系统产业技术创新战略联盟提出。

本文件由商用汽车与工程机械新能源动力系统产业技术创新战略联盟标准委员会归口。

本文件主要起草单位：哈尔滨工业大学、吉林大学。

本文件主要起草人：姜继海、赵存然、陈晋市、陈伟、何春晖、张淼淼。

本文件首次发布。

## 引 言

本文件提出的工程机械液压元件小样本可靠性试验是基于统计的方法，分为零失效和零/单失效两种。若通过本文件规定的可靠性试验的验证，则说明工程机械液压元件主要涉及的液压轴向柱塞泵、液压多路换向阀和液压缸的可靠性满足评估指标。

# 工程机械液压元件小样本可靠性试验方法

## 1 范围

本文件规定了工程机械液压元件可靠性的术语和定义、试验方法、试验条件和过程、判定规则。  
本文件适用于工作介质为石油基液压油的工程机械液压元件小样本可靠性试验。

## 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。不注日期的引用文件，其最新的版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

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 3100 国际单位制及其应用

GB/T 3358.1 统计学词汇及符号

GB/T 14039-2002 液压传动 油液 固体颗粒污染物等级代号

GB/T 17446 流体传动系统元件 术语

JB/T 7043 液压轴向柱塞泵

JB/T 8729 液压多路换向阀

JB/T 10205 液压缸

JB/T 10607 液压系统工作介质使用规范

## 3 术语和定义

GB/T 3358.1、GB 3100 和 GB/T 17446 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**可靠性** reliability

元件在规定的条件下和规定的时间区间内完成规定功能的能力。

### 3.2

**B<sub>10</sub> 寿命** B<sub>10</sub> life

当元件投入使用后未经任何维修，可靠性为 90%时的平均寿命；或预期有 10%发生失效时的平均寿命。

### 3.3

**失效** failure

元件终止完成规定功能的能力。

### 3.4

**零失效** zero-failure

元件试验结束后没有样本发生失效。

## 3.5

**零/单失效** zero/single failure

元件试验结束后有 1 个样本发生失效。

## 3.6

**失效前平均时间** MTTF (Mean Time To Failure)

元件预计的可工作平均时间。

## 3.7

**失效前平均次数** MTsTF (Mean Times To Failure)

元件预计的可工作平均次数。

## 3.8

**突发故障** sudden failure

元件完全丧失所要求功能的故障。

## 3.9

**置信水平** confidence level

在置信区间或统计区间的概率值  $(1-\alpha)$ 。

## 3.10

**置信界限** confidence limit

用来估计参数取值范围的界限，双侧置信水平区间的界限  $T_1$  或  $T_2$ ，或单侧置信水平区间的界限  $T$ 。

## 3.11

**阈值** threshold level

用于与元件的性能参数（如：泄漏量、流量和工作压力）的试验数据进行比较的值。

## 3.12

**终止循环计数** termination cycle count

一个样本首次达到某个阈值水平时的循环次数。

## 3.13

**样本** sample

取自一个批次并且能够提供该批次信息的一件或一组元件，由此获得该批元件的相关信息。

## 3.14

**小样本** small sample

样本容量小于或等于 5 个的样本。

## 3.15

**样本容量** sample size

样本容量所包含的单位数。

## 3.16

**公称流量** nominal flow

工程机械液压元件名义上规定的流量。

### 3.17

**试验流量** test flow

测试工程机械液压元件性能时规定的流量。

### 3.18

**公称压力** nominal pressure

工程机械液压元件按基本参数所确定的名义压力。

## 4 量、符号和单位

4.1 计量单位按照 GB 3100 执行。

4.2 威布尔参数 (Weibull Parameters) 的符号:

- a)  $B_{10}$ : 10%的样本发生故障的时间 (寿命的 10%分位点);
- b)  $F(t)$ : 故障概率, 以百分率表示;
- c)  $\beta$ : 威布尔分布形状参数 (斜率);
- d)  $R(t)$ : 样本可靠度。

## 5 可靠性试验方法

### 5.1 概述

试验过程中, 首先选择威布尔分布形状参数  $\beta$  值, 然后计算可靠性试验所需的试验时间。在零失效试验过程中, 若试验期间没有失效发生, 则可得到特定的  $B_i$  寿命。在零/单失效试验过程中, 若试验期间仅有一个单元发生失效, 则可得到特定的  $B_i$  寿命。

### 5.2 零失效方法

5.2.1 根据已知的历史数据, 对所要试验的元件选择一个威布尔分布形状参数

5.2.2 根据公式 (1) 确定试验时间、根据公式 (2) 确定样本容量:

$$t = t_i \left[ \frac{\ln(1-C)}{n \times \ln R_i} \right]^{1/\beta} = t_i \left[ \left( \frac{1}{n} \right) \frac{\ln(1-C)}{\ln R_i} \right]^{1/\beta} = t_i \left( \frac{A}{n} \right)^{1/\beta} \dots \dots \dots (1)$$

$$n = A \left( \frac{t_i}{t} \right)^\beta \dots \dots \dots (2)$$

式中:

- $t$ ——试验的持续时间, 以时间、周期或时间间隔表示;
- $t_i$ ——可靠性试验指标, 以时间、周期或时间间隔表示;
- $C$ ——试验的置信水平;
- $n$ ——样本容量, 推荐值 2~3;

- $R_i$ ——可靠性目标 $(100-i)/100$ ;
- $\beta$ ——威布尔分布形状参数, 从历史数据中获取, 推荐值 1.3;
- $i$ ——累计失效率百分比的下标变量 (如: 对于  $B_{10}$  寿命,  $i=10$ );
- $A$ ——查表 1 或根据方程 (1) 计算。

表 1  $A$  值

$C$	$R_i$				
	$R_1$	$R_5$	$R_{10}$	$R_{20}$	$R_{30}$
95%	298.1	58.40	28.43	13.425	8.399
90%	229.1	44.89	21.85	10.319	6.456
80%	160.1	31.38	15.28	7.213	4.512
70%	119.8	23.47	11.43	5.396	3.376
60%	91.2	17.86	8.70	4.106	2.569

5.2.3 开展样本试验, 试验时间为上述定义的  $t$ , 所有样本均应通过试验。

5.3 零/单失效方法

5.3.1 根据已知的历史数据, 确定被试元件的威布尔形状参数  $\beta$ 。

5.3.2 根据公式 (3) 确定试验时间。

$$t_0 = t_j \left( \frac{\ln R_0}{\ln R_j} \right)^{1/\beta} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- $t_0$ ——试验的持续时间, 以时间、周期或时间间隔表示;
- $t_j$ ——可靠性试验指标, 以时间、周期或时间间隔表示;
- $R_0$ ——零/单失效的可靠度根值 (见表 2);
- $R_j$ ——可靠性目标 $(100-j)/100$ ;
- $j$ ——累计失效率百分比的下标变量 (如: 对于  $B_{10}$  寿命,  $j=10$ );
- $\beta$ ——威布尔分布形状参数, 从历史数据中获取, 推荐值 1.3;
- $C$ ——试验的置信水平;
- $n$ ——样本容量。

表 2  $R_0$  值

$C$	$n$			
	2	3	4	5
95%	0.025 3	0.135 3	0.248 6	0.342 5
90%	0.051 3	0.195 8	0.320 5	0.416 1
80%	0.105 6	0.287 1	0.417 6	0.509 8
70%	0.163 4	0.363 2	0.491 6	0.578 0
60%	0.225 4	0.432 9	0.555 5	0.635 0

5.3.3 样本试验的试验时间  $t_0$  由方程公式 (3) 确定, 在试验中最多只能有 1 个样本失效。当不能同时对所有样本进行试验时, 若除了最后 1 个样本以外的所有样本均试验成功, 则最后 1 个样本无需试验。

## 6 试验条件及试验过程

### 6.1 试验装置

#### 6.1.1 试验回路

工程机械液压元件试验装置应符合 JB/T 7043、JB/T 8729、JB/T 10205 中的规定。

#### 6.1.2 压力测量点的位置

柱塞泵出油口压力测量点和整体式多路阀进油口压力测量点设置在距离柱塞泵出油口 (2~4)  $d$  处 ( $d$  为管道内径); 多路阀出油口压力测量点应设置在距离出油口  $10d$  处。

#### 6.1.3 测量准确度

测量准确度等级分为 A、B 二级, 本文件所规定的试验不应低于 B 级。各等级测量系统的允许系统误差应符合表 3 的规定。

表 3 测量系统的允许系统误差

测量参量	各测量准确度等级对应的被控参量平均显示值允许变化范围	
	A	B
压力 (表压力 $p < 0.2$ MPa 时) kPa	$\pm 1.0$	$\pm 3.0$
压力 (表压力 $p \geq 0.2$ MPa 时) kPa	$\pm 0.5$	$\pm 1.5$
流量 %	$\pm 0.5$	$\pm 1.5$
转矩 %	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$
转速 %	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$
温度 $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$

### 6.2 试验介质

#### 6.2.1 试验介质的选用

选用符合 JB/T 10607 要求的液压油液。

#### 6.2.2 试验介质的温度

工程机械液压元件可靠性试验中试验回路中油液温度应介于  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

#### 6.2.3 试验介质的黏度

试验回路中油液的运动黏度为  $61 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 74 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。每试验 100 h 抽验一次。

#### 6.2.4 试验介质的清洁度

试验系统油液的固体颗粒污染等级不应高于 GB/T 14039-2002 规定的 -/17/14。每试验 100 h 抽验一次。

### 6.3 试验项目

#### 6.3.1 性能试验

在试验回路中油液温度  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  时，液压轴向柱塞泵应按照 JB/T 7043 规定试验方法进行性能试验；液压多路换向阀应按照 JB/T 8729 规定试验方法进行性能试验；液压缸应按照 JB/T 10205 规定试验方法进行性能试验。

### 6.3.2 可靠性验证试验

#### 6.3.2.1 样本容量和置信水平

可靠性验证试验的样本容量和置信水平由供、需双方商量决定，产品抽样方案按 GB/T 2828.1 的规定。

#### 6.3.2.2 试验时间

若采用零失效方法进行可靠性试验，试验时间由公式（1）决定；若采用零/单失效方法进行可靠性试验，试验时间由公式（3）决定。

#### 6.3.2.3 数据采集

液压轴向柱塞泵每连续运行 100 h 测量一次压力和流量；液压多路换向阀每冲击 10 万次测量一次内泄漏量和主溢流阀开启特性；液压缸每连续运行 100 h 测量一次内泄漏量。

### 6.4 试验结果记录

可靠性验证试验结果按附录 A 的规定进行记录，必要时应附有照片。当被试工程机械液压元件发生失效后应及时分析和诊断。

### 6.5 试验结果表达

若试验成功，则工程机械液压元件的可靠性可阐述如下：

某元件的  $B_i$  寿命已完成可靠性试验，试验表明：根据零失效或零/单失效威布尔方法，在置信水平  $C$  下，该元件的最小寿命至少达到  $t_i$ （如：运行时间（小时）、循环次数、或行程（公里））。

## 7 判定规则

在确定试验时间后，应按照 JB/T 7043、JB/T 8729、JB/T 10205 规定的试验方法进行性能试验，依据文件中的指标要求，对比试验前后的结果记录，被试工程机械液压元件未失效，判定为合格。

附录 A

(资料性)

工程机械液压元件可靠性试验记录

A.1 液压轴向柱塞泵可靠性试验记录表见表 A.1

型 号		生产日期	
产品编号		生产厂家	
试验用油		试验日期	
工作压力		试验人员	
工作油温		采样周期	

表 A.1 液压轴向柱塞泵可靠性试验记录表

液压轴向柱塞泵编号	记录日期	泄漏量	出口流量	输入扭矩	壳体温度

A.2 液压多路换向阀可靠性试验记录表见表 A.2

型    号	_____	生产日期	_____
产品编号	_____	生产厂家	_____
试验用油	_____	试验日期	_____
公称压力	_____	试验人员	_____
公称流量	_____	采样周期	_____

表 A.2 液压多路换向阀可靠性试验记录表

液压多路换向阀编号	记录日期	内泄漏量	安全阀性能	过载阀性能	备    注

A.3 液压缸可靠性试验记录表见表 A.3

型 号	_____	生产日期	_____
产品编号	_____	生产厂家	_____
试验用油	_____	试验日期	_____
公称压力	_____	试验人员	_____
公称流量	_____	采样周期	_____

表 A.3 液压缸可靠性试验记录表

液压缸编号	记录日期	内泄漏量	最低起动压力	外泄漏 (有/无)	行 程

